

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial

Melhoramento de um Processo de Fabricação de Escapes

Por

João Nuno Cardoso Mendes

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção
do grau de Mestre

Orientador

Alberto José Antunes Marques Martinho

Lisboa, 2010

Agradecimentos

Sem a contribuição de algumas pessoas e instituições não teria sido possível realizar esta dissertação, às quais gostaria de expressar os meus agradecimentos sinceros.

Em primeiro lugar agradeço ao Prof. Doutor Alberto José Antunes Marques Martinho, a forma como orientou o meu trabalho, as notas dominantes da sua orientação, as suas recomendações e a disponibilidade do primeiro ao último dia, a amizade e acima de tudo a confiança demonstrada.

À empresa Fabriscape, aos seus dirigentes e colaboradores, especialmente ao Sr. Henrique Chambel e ao seu encarregado geral, José Alexandre Pinheiro, pelo incentivo, disponibilidade demonstrada ao longo de toda a tese, o fornecimento de dados e a confiança em mim depositada.

Gostaria também de agradecer ao Eng. Fernando Esteves da Empresa SensorControl Lda, pela deslocação à Fabriscape e por todos os conselhos fornecidos.

Um agradecimento especial àqueles que sempre me apoiaram incondicionalmente, que apostaram e acreditaram em mim mais do que ninguém e que serão os que mais compartilham da minha alegria: “A família”.

São também dignos de agradecimento os colegas, e os anónimos que me iam fornecendo informações, dando apoio, críticas, sugestões e que aumentaram consideravelmente a qualidade deste projecto.

Resumo

A presente dissertação incide no melhoramento de um processo de fabrico de escapes para automóveis. Nos sistemas de escape encontram-se normalmente painéis de escape que têm como função principal a eliminação de gases, que são gerados após a queima nos cilindros. A finalidade básica é conduzir os gases resultantes, devidamente filtrados para amenizar a poluição, limitar o ruído do motor até ao nível determinado pela legislação vigente e evitar que os gases tóxicos invadam o interior do veículo. O objectivo desta dissertação é o melhoramento de um processo de fabrico de escapes para automóveis através da introdução de funções automáticas na soldadura da panela com os tubos. Assim, para evitar fugas e garantir rigidez do sistema de escape é necessário que os vários componentes sejam convenientemente posicionados durante a produção.

Com o intuito de resolver os problemas de detecção da linha de soldadura mais conveniente foi utilizado um sensor óptico de reflexão difusa que juntamente com a tocha de soldadura estão acoplados a um carro com cremalheira, controlados por um autómato da família Omron.

Palavras-chave: Sistema de escape, sensor óptico, soldadura controlada, autómato.

Abstract

The present dissertation focuses on the upgrading of a manufacturing process of automobile exhausts. In exhaust systems we usually find exhausts that are primarily intended to lessen the noise caused by motor vehicle. In order to achieve this goal, the manufacturing must be conveniently executed. Therefore, to avoid leakage and ensure rigidity of the exhaust system, it is necessary that the various components are properly positioned during production. This dissertation aims to upgrade the manufacturing process of automobile exhausts through the introduction of automatic functions in what concerns welding the pan with the pipes.

Aiming to solve the problems of detecting the most convenient welding line, it was used a diffused reflection optical sensor that together with the welding torch is attached to a car rack, controlled by a PLC from the Omron family.

Keywords: exhaust system, optical sensor, controlled welding, automaton

Índice Geral

Agradecimentos	3
Resumo	5
Abstract	6
Índice Geral.....	7
Índice de Figuras	9
Índice de Tabelas	11
1. Caracterização da empresa	13
1.1. Elementos identificativos.....	13
1.2. Localização geográfica	14
1.3. Lógica evolutiva.....	14
1.4. Organogramas	15
2. Descrição do mecanismo de soldar automático	17
2.1. Descrição.....	17
2.2. Limitações do mecanismo de soldar automático	19
3. Soldadura usada na união de metais no sistema de escapes	21
4. Análise de custos.....	29
5. Construção de um sistema de escape	33
5.1. Painel de escape e componentes internos.....	34
5.1.1. Fase inicial	34
5.1.2. Identificação de um sistema de escape.....	35
5.2. Construção dos tubos de entrada e saída.....	37
5.3. Montagem e operações finais.....	37
6. Família de painéis a soldar	39
6.1. Dimensões máximas e mínimas das tampas	39
6.2. Comprimentos máximos e mínimos das painéis	40
6.3. Aro de suporte da tocha	41

6.4.	Aspectos a ter em atenção no posicionamento da tocha.....	42
6.4.1.	Mau posicionamento da tocha	43
6.4.2.	Volume ocupado pelos diversos modelos de escapes.....	43
7.	Formulação do problema	45
7.1.	Forma de operar actual	46
7.2.	Nova forma de operar	47
8.	Algumas soluções consideradas para o posicionamento da tocha	49
8.1.	Soluções previstas	49
8.1.1.	Aplicação de um micro switch colocado na ponta da tocha.....	50
8.1.2.	Aplicação de um micro switch, colocado no corpo da tocha	51
8.1.3.	Colocação de batentes no gabarito da máquina.....	51
8.1.4.	Utilizar um sensor de visão.....	52
9.	Solução escolhida para posicionamento da tocha	55
9.1.	Características dos componentes utilizados	58
9.1.1.	Sensor óptico de reflexão difusa.....	58
9.1.2.	Movimentação do laser.....	60
9.2.	Características do carro e guia linear.....	62
10.	Reprogramação do autómato.....	65
10.1.	Programação através do diagrama de contactos.....	65
10.1.1.	Simulação através do software Twido.....	68
10.2.	Programação através da lista de instruções	70
	Conclusões.....	73
	Referências bibliográficas	75
	Anexos	77

Índice de Figuras

Figura 1.1 - A: Localização da Fabriscap	14
Figura 1.2 - Organograma detalhado da Fabriscap	16
Figura 1.3 - Organograma de empresas envolvidas à Fabriscap	16
Figura 2.1 - Perspectiva de um lado da máquina	18
Figura 2.2 - Fixação através de um cavilhão	20
Figura 3.1 – Soldadura por resistência. a) de topo; b) por pontos; c) por costura	25
Figura 3.2 - Forma de actuar a soldadura MIG	26
Figura 5.1 – Painel de escape	33
Figura 5.2 - a) Tipos de costura utilizado na construção de uma painel; b) Barba e corpo da painel	34
Figura 5.3 - a) Componentes internos da painel de escape; b) Tampas de cravar	35
Figura 5.4 - Desenho técnico de painel de escape	36
Figura 5.5 - a) Prensa hidráulica de viragem do tubo; b) Abertura de bocal	37
Figura 5.6 - Aspecto de uma painel de escape antes da pintura (Com suportes e tubos de entrada/saída já colocados)	38
Figura 6.1 - Tampas das painels. a) Dimensão máxima; b) Dimensão mínima	40
Figura 6.2 – Comprimentos das painels. a) Comprimento máximo; b) Comprimento mínimo	40
Figura 6.3 - Componentes da máquina	41
Figura 6.4 - Pormenores de construção para o posicionamento da tocha	42
Figura 6.5 - Soldadura numa posição incorrecta	43
Figura 6.6 - Secção longitudinal do volume ocupado pelos escapes	44
Figura 6.7 - Volume que ocupam os diversos escapes	44
Figura 7.1 – Localização óptima do cordão	46
Figura 7.2 - Diagrama de blocos da forma como a máquina actua. a) Detalhado; b) Simplificado	46
Figura 7.3 - Diagrama de blocos a implementar. a) Detalhado; b) Simplificado	47
Figura 8.1 - Micro switch	50
Figura 8.2 - Micro switch com alavanca limitadora de operação	50
Figura 8.3 - Micro switch com alavanca prolongada ao longo da tocha	51
Figura 8.4 – Geometria de posicionamento da painel	52

Figura 8.5 - Sensor de visão com câmara	53
Figura 9.1 - Sensor óptico de reflexão difusa	55
Figura 9.2 - Funcionamento do conjunto	56
Figura 9.3 - Aresta que o sensor detecta	57
Figura 9.4 - Programação do autómato	60
Figura 9.5 - Conjunto de guia linear	61
Figura 9.6 - Localização do motor	62
Figura 9.7 - Guia linear e carro	63
Figura 9.8 - Suporte do conjunto	64
Figura 10.1 - Entradas atribuídas no autómato	66
Figura 10.2 - Saídas escolhidas no autómato	66
Figura 10.3 - Programação do autómato	67
Figura 10.4 – 1ª Fase da simulação	68
Figura 10.5 – 2ª Fase da simulação	69
Figura 10.6 – 3ª Fase da simulação	69
Figura 10.7 – 4ª Fase da simulação	70
Figura 10.8 - Lista de instruções	71

Índice de Tabelas

Tabela 1- Ligas e temperaturas de fusão	23
Tabela 2 - Resumo de custos	30
Tabela 3 – Custo por hora dos dois tipos de montagem	31
Tabela 4 - Custo por panela das séries mais vendidas.....	31

1. Caracterização da empresa

Neste capítulo faz-se a apresentação da empresa que está a cooperar com a realização desta tese de mestrado. Apresenta-se a localização da empresa, referem-se aspectos históricos, entre outros.

1.1. Elementos identificativos

Designação Social: FABRISCAPE – Fábrica de Escapes p/ Automóveis, Lda

Morada e Sede: Terras Pretas – 2350 Torres Novas

Contactos: Tel. 249 830 650

Responsável directo com quem se trabalhou: 969 519 238

Fax. 249 830 659

Email: fabriscape@mail.telepac.pt

Actividade: Fabrico de Sistemas de Escape para Automóveis

Produtos: Sistemas de Escape para Automóveis

Capital Social: 400 000€

N.º de funcionários: 91

1.2. Localização geográfica

A empresa situa-se nas Terras Pretas – Torres Novas, beneficiando de uma localização geográfica favorável, dada a proximidade de dois importantes eixos rodoviários, as auto-estradas A1 e A23 (ver figura 1.1). Estas, possibilitam a distribuição dos produtos na região norte e centro do país, assim como o fácil acesso ao porto de Lisboa, a partir do qual é feita a distribuição para alguns representantes estrangeiros.



Figura 1.1 - A: Localização da Fabriscape

1.3. Lógica evolutiva

A Fabriscape – Fábrica de Escapes para Automóveis, Lda, foi constituída com um capital social de 10 500 € em 1984, tendo como promotores três sócios, embora um destes tenha cedido a sua quota posteriormente.

A actividade da empresa insere-se no sector de fabricação de componentes para automóveis, estando vocacionada para o fabrico de conjuntos de componentes de sistema de escape para a generalidade das marcas de automóveis comercializados em Portugal.

De seguida serão identificados os marcos mais importantes na história da Fabriscape.

1989 – Construção de mais duas unidades fabris e aquisição de nova tecnologia;

1991/1995 – Investimentos em formação e valorização dos recursos humanos; Triplicou o número de trabalhadores; Assume-se como o maior fabricante de escapes para automóveis a nível nacional;

1993 – Adquiriu uma empresa de distribuição – Venescape;

1997/2002 – Recebe o prémio “Excelência Indústria 1997” atribuído pelo IAPMEI (Instituto de Apoio a Pequenas e Médias Empresas e Industrias).

1998 – Adquire uma empresa de Cunhos, Cortantes e Moldes – Micromolde; Sucesso na internacionalização (Espanha, Grécia, França, Finlândia, Bélgica, Alemanha, Itália, Argélia, Tunísia, Inglaterra, Israel, entre outros).

1999/2002 – Reforço do empenho na área da Qualidade, com o objectivo de obter a Certificação.

2005 - Transferência de parte da produção para a Fabriscape II (instalações remodeladas da Frutorres).

2008 - A Venescape passa a ser o único cliente Fabriscape no mercado Português, assumindo a distribuição do produto Fabriscape em todos os segmentos.

1.4. Organogramas

Na figura 1.2 apresenta-se o organograma detalhado da Fabriscape. Verifica-se que a soldadura manual e mecânica se enquadra na montagem final que está relacionado directamente com o processo produtivo da fábrica.

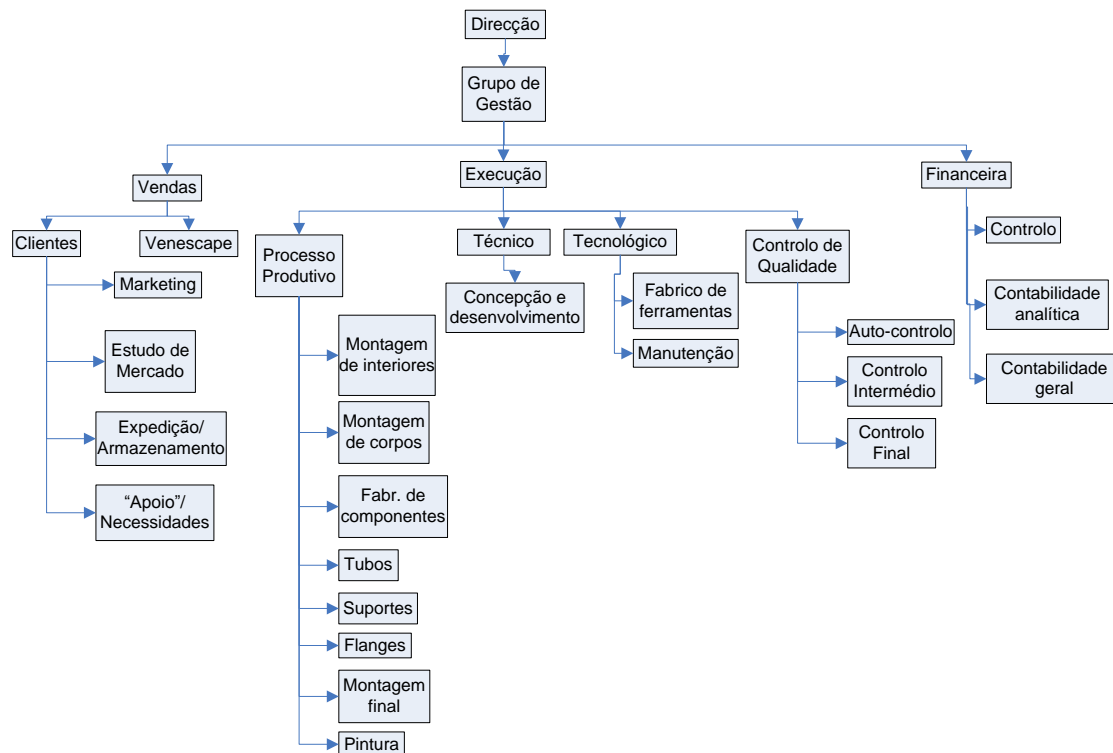


Figura 1.2 - Organograma detalhado da Fabriscape

A Fabriscape para além de laborar na área de sistemas de escape também detém três empresas que consigo colaboram: Venescape, Micromolde e Gasofin (ver figura 1.3).

A Venescape é a empresa que tem a seu cargo todas as vendas. Quanto à Micromolde é uma empresa de cunhos e cortantes que tem como finalidade produzir peças de substituição para as máquinas que funcionam no processo produtivo. E a Gasofin é a empresa que fornece o gás e acessórios para os aparelhos de soldar.

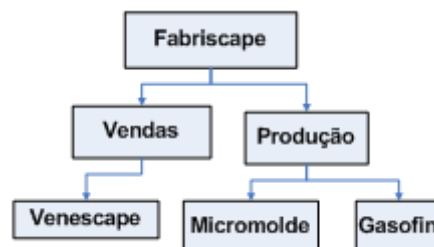


Figura 1.3 - Organograma de empresas envolvidas à Fabriscape

2. Descrição do mecanismo de soldar automático

Neste capítulo descreve-se a máquina de soldar e os métodos utilizados na afinação da mesma. São também apresentadas as limitações que esta apresenta.

2.1. Descrição

O mecanismo em questão é uma máquina de soldar os tubos de entrada e de saída da panela de escape. Este processo é elaborado por uma linha de produção de 10 soldadores. Devido ao cansaço provocado pela actividade de soldadura e a um aumento de rentabilidade, a empresa pretende modernizar a sua forma de soldar. Como solução, a empresa, construiu inicialmente uma máquina de soldar, que melhorou os resultados apresentados no entanto com algumas limitações. Posteriormente foram instaladas mais duas máquinas com melhoramentos relativamente à primeira versão.

Os aspectos que a Fabriscape pretende ver melhorados com a implementação destas máquinas são, por exemplo, aprimorar o aspecto do cordão e maior rapidez do processo, no entanto, há algumas restrições na máquina, que se pretende melhorar de forma eficaz.

De forma a garantir uma maior abrangência das panelas de escape a circular pelos veículos de todo o mundo, foram criados apoios, para sustentar as panelas de escape (ver “1”

da figura 2.1) numa metade da panela, a outra metade é fixa por um sistema pneumático de mordentes. A movimentação de sentido circular (ver “2” da figura 2.1) é assegurada por um sistema de engrenagem no aro (a roda dentada encontra-se no interior da estrutura). Os dois aros que possuem uma movimentação sincronizada, estão ligados a um veio mecânico que por sua vez está acoplado ao veio do motor eléctrico. O veio mecânico funciona também como fusível mecânico, que quebra em caso de haver um descontrolo da máquina, não afectando assim a parte eléctrica da mesma. Os aros estão seguros (isto é, há uma redução significativa da vibração), porque estão sob pressão de rolamentos com mola que juntamente com as engrenagens concluem a movimentação dos aros (ver “4” da figura 2.1).

O sistema de soldadura é constituído por um conjunto de duas tochas que apenas têm duas posições, a soldar ou afastada da zona que se pretende soldar (ver “3” da figura 2.1). As tochas são accionadas por cilindros pneumáticos que asseguram o movimento entre a posição de soldadura e a posição que permite colocar e retirar a panela e os tubos. Em cada máquina existem duas tochas de soldar de um e de outro lado da máquina e que funcionam independentemente.

Por norma a soldadura MIG/MAG é semi-automática, mas no caso destas máquinas houve uma alteração, tendo-se eliminado o gatilho da tocha. O ligar e desligar é conseguido directamente por acção da ordem que vem do autómato.

O perímetro da soldadura (superior a 360°) é determinado pelo número de voltas da ventoinha do motor que faz rodar o conjunto. O sensor utilizado é do tipo contador, que se situa na parte inferior do motor eléctrico.

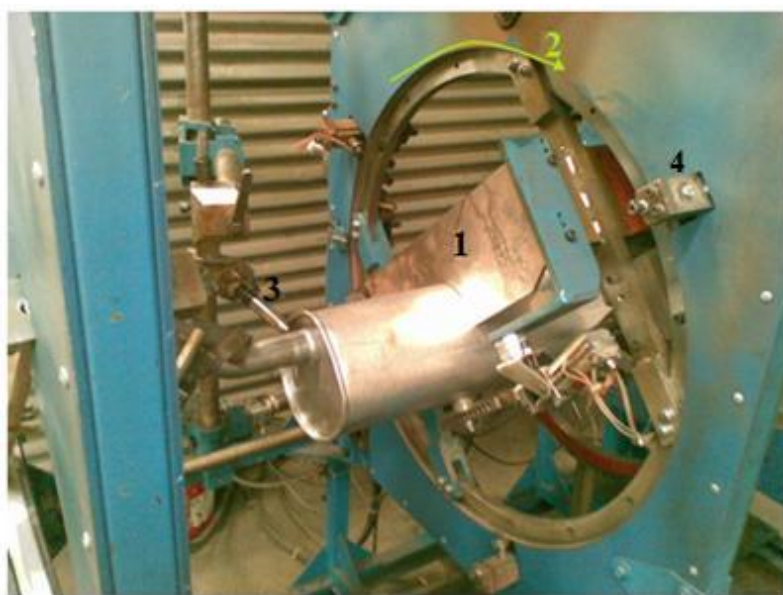


Figura 2.1 - Perspectiva de um lado da máquina

No total existem sete cilindros pneumáticos: quatro nos mordentes, um por cada tocha (dois no total) e um para fazer mover os mordentes.

A máquina pode-se utilizar para soldar vários modelos de painéis, sendo necessário em cada série proceder à sua adaptação.

Quando surge uma painél de escape nova no mercado, a empresa dispõe de uma secção específica para o dimensionamento de novos gabaritos, a fim de se manter actualizada dos formatos de painél que possam surgir às necessidades dos seus clientes.

Em anexo segue um CD com filmes que demonstram o funcionamento da máquina.

Afinação da máquina:

- 1º Procura-se nos cacifos o modelo de painél que se vai produzir;
- 2º Desliga-se o ar comprimido de alimentação da máquina;
- 3º Colocam-se os moldes no aro central;
- 4º Uma vez colocada a painél correctamente, ajustam-se os cavilhões;
- 5º Ajustam-se longitudinalmente e radialmente as posições das tochas para obter o cordão de soldadura na localização pretendida;
- 6º Liga-se o ar comprimido e fica pronto a testar-se uma painél;
- 7º Efectua-se o ensaio a uma painél.

2.2. Limitações do mecanismo de soldar automático

A máquina de soldar foi desenvolvida pela empresa, contendo no entanto algumas restrições que a esta gostaria de ver melhoradas. De seguida serão enunciados os problemas mais importantes.

A qualidade da soldadura nem sempre é a melhor, o que resulta muitas vezes da desafinação na fixação da tocha de soldar. Quando o tubo de entrada não está em linha de eixos com o tubo de saída torna o modo de soldar mais crítico pois não estão concêntricos com a painél de escape, devido a variadíssimas razões: diferentes formatos de painéis, necessidade de encaixe na carroçaria, curvaturas posicionadas na entrada e na saída do tubo, elevada intensidade de corrente no aparelho, entre outras. Este problema é resolvido com a colocação de dois aros que funcionam como chumaceira de rolamento em que o tubo da painél fica concêntrico com estes aros (ver “1” da figura 2.2).

O cansaço do operador, provocado pela instabilidade de funcionamento do mecanismo é outras das suas limitações da máquina porque não estimula o operário a um bom ritmo de trabalho.

A dificuldade em colocar os componentes na máquina surge pelo facto da trajectória do tubo de entrada e de saída não ser na maioria dos casos rectilíneos, isto é, obriga à utilização de cavilhões (ver figura 2.2) de fixação do tubo, a fim de não o deixar mover.

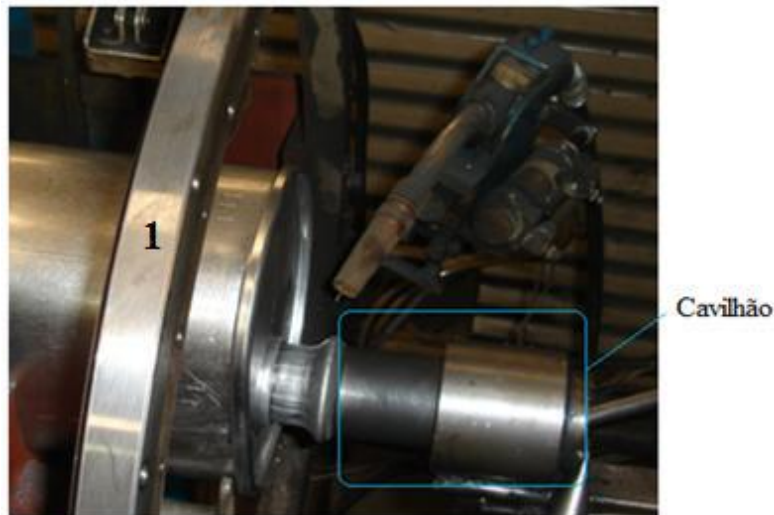


Figura 2.2 - Fixação através de um cavilhão

A dificuldade na afinação da máquina é um dos seus principais problemas, pois tem que ser realizado por um operário especializado com um conhecimento profundo da máquina. A complexidade do processo de afinação leva a que poucos operários estejam habilitados a esta tarefa, recorrendo-se normalmente aos operários que participaram na implementação do dispositivo. Neste processo de afinação um dos problemas, também muito importante, é a fixação da tocha, o qual é realizado por tentativas até que surja uma panela realmente bem soldada.

Por fim um outro problema a resolver é o facto do ajuste dos componentes na máquina acarretarem consigo um considerável número de etapas a ultrapassar, logo, este problema, do tempo perdido, transforma-se de forma directa em prejuízo para a empresa, pois, é tempo em que a máquina está parada. Embora o funcionário da máquina vá nesta altura laborar para outra secção sendo chamado novamente quando a máquina de soldar estiver devidamente afinada.

3. Soldadura usada na união de metais no sistema de escapes

A operação de soldadura consiste em ligar duas ou mais porções de material, colocando-as em contacto íntimo, resistindo como uma só peça. A soldadura pode ser autogénea ou ordinária (heterogénea) consoante existe ou não fusão dos materiais a ligar.

Note-se, que a soldadura também se utiliza em materiais não metálicos como o vidro ou plástico e que também é um processo muito importante noutros ramos, como por exemplo a construção civil, naval ou aeronáutica [*Cunha, J. V. (2008)*].

No decorrer deste capítulo serão enunciados diversos tipos de soldadura, mas, será apenas dada maior importância à soldadura MIG/MAG, pois, é a que se utiliza na união de tubos às panelas.

Soldadura ordinária (heterogénea)

Em metais a brasagem é um processo que se realiza muitas vezes utilizando um material estranho, que se designa solda.

Apresenta a vantagem de ser fácil de realizar, mas tem o inconveniente de ser pouco resistente, pelo que se utiliza para ligar elementos que não devem suportar esforços ou

suportam apenas pequenos esforços. Esta soldadura depende essencialmente do tipo de solda utilizado, podendo ser dos tipos: Solda fraca e solda forte.

Soldas fracas:

São soldas do tipo da solda de latoeiro. São ligas à base de chumbo e estanho, em variadas proporções, sendo a mais resistente as de maior percentagem de estanho, usam-se para produzir uma vedação ou estanqueidade, como é o caso de canalizações e recipientes para líquidos e gases de pequeno volume e baixas pressões, e também para estabelecer contacto metálico, como é o caso dos condutores eléctricos. Fundem a temperaturas baixas inferiores a 450°C.

Para realizar esta soldadura, limpam-se as superfícies, desengorduram-se, desoxidam-se (decapagem) e em seguida coloca-se nas superfícies a ligar a solda fundida. Para provocar a fusão da solda, há uma grande variedade de meios, sendo de destacar os ferros de soldar eléctricos.

Soldas fortes:

Permitem ligações soldadas com melhor resistência, usam-se, por exemplo, para ligar tubos de cobre entre si e a outros elementos das máquinas, para ligar peças de bronze e latão e, até, partes de peças de ferro macio ou aço, quando os esforços que têm de suportar são pequenos, estas soldas são ligas metálicas, quase sempre à base de cobre. A temperatura de fusão é superior a 450°C.

Conforme os materiais a ligar usam-se várias ligas e temperaturas de fusão. Citam-se alguns exemplos na tabela 1, retirada de [Reis, Carlos (2002)].

Tabela 1- Ligas e temperaturas de fusão

Para ligar	Pode usar-se	Temperatura de fusão
Ferro com ferro	Cobre	1050 °C
	86,5 % Cobre 9,5 % Estanho 4 % Zinco	880 °C
Cobre com cobre	50 % Cobre 50 % Chumbo	865 °C
	50 % Cobre 46 % Zinco 4 % Prata	
	48 % Cobre 50 % Zinco 2 % Estanho	
Ferro com cobre	67 % Cobre 33 % Estanho	970 °C
Ligas de níquel	33 % Cobre 58 % Zinco 9 % Prata	860 °C
Alumínio com alumínio	90 % Zinco 4 % Cobre 6 % Alumínio	660 °C

Soldadura Autogénea

É um processo onde o material base participa por fusão na constituição da ligação soldada. Sendo utilizada quando se pretende obter uma grande resistência. Se a soldadura for correctamente efectuada, as duas peças, formam um todo resistente equivalente ao que teria se fosse obtido directamente sem soldadura.

Os diversos processos de soldadura autogénea podem classificar-se: Soldadura com maçarico, soldadura eléctrica e soldadura alumino-térmica.

Como o tipo de soldadura utilizada na união dos tubos de entrada e de saída à panela é a MIG/MAG, esta encontra-se no grupo de soldadura eléctrica, do qual é feita uma abordagem de seguida [Reis, Carlos (2002)].

A soldadura eléctrica é aquela em que o calor necessário à soldadura é produzido por uma corrente eléctrica. Consideram-se então a soldadura por resistência e a soldadura por arco.

➤ *Soldadura por resistência*

É uma soldadura autogénea, pois ocorre a fusão dos componentes a ligar.

Na soldadura por resistência destacam-se ainda as variantes – topo, pontos e por costura.

Na soldadura de topo as próprias peças a ligar fazem de eléctrodos, que ao entrarem em contacto sofrem um aquecimento que os leva quase à fusão. Nessa altura, um aperto das mordentes M, origina a soldadura (ver figura 3.1 – a)).

Na soldadura por pontos, os eléctrodos conduzem corrente eléctrica às peças e, por compressão destes em pequenas áreas cujo aquecimento leva quase à fusão, dá-se a soldadura por pontos (ver figura 3.1 – b)).

Na soldadura por costura, os eléctrodos são dois roletes que conduzem a corrente e comprimem as peças provocando uma soldadura local contínua, devido à rotação dos roletes (ver figura 3.1 – c)) [Reis, Carlos (2002)].

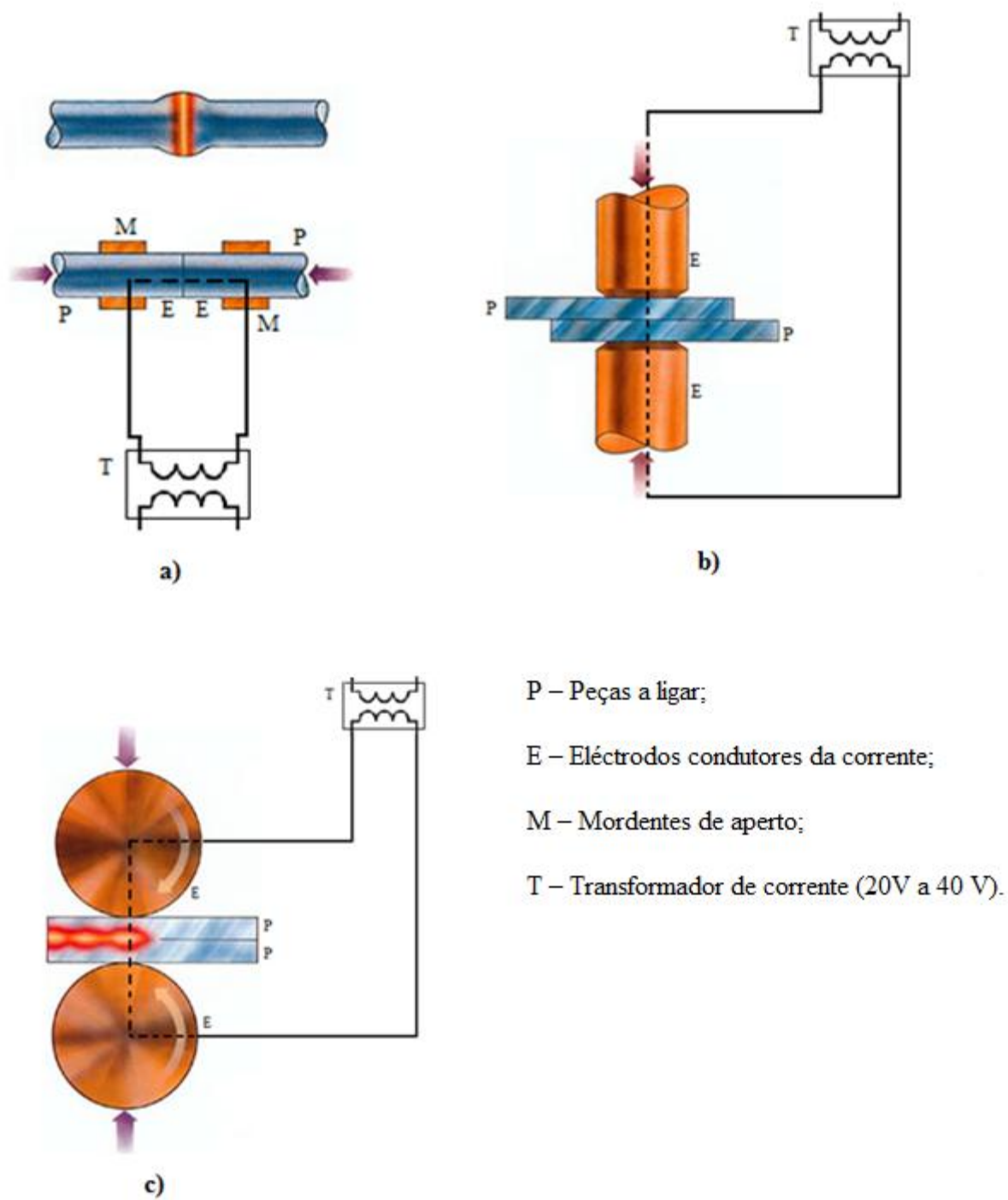


Figura 3.1 – Soldadura por resistência. a) de topo; b) por pontos; c) por costura

[<http://www.esab.com/pt/pt/education>]

Embora estejam apresentadas estas formas de soldadura, estas não são as adequadas para a soldadura dos tubos de entrada/saída à panela de escape.

➤ *Soldadura por arco*

Na soldadura por arco estabelece-se um arco entre a peça de trabalho e a ponta de um eléctrodo consumível (fio ou fita) que é coberto por uma camada de fluxo granular (daí o nome de arco submerso). Uma parte do fluxo é fundida formando uma escória protectora sobre o banho em fusão, enquanto a outra parte é recuperada para reutilização.

É pelas suas características gerais o tipo de soldadura mais utilizado.

Na soldadura por arco existem ainda diversos tipos, como sejam: SER, TIG, MIG, MAG e o PLASMA.

Como a soldadura utilizada pela máquina em estudo é a MIG/MAG, apenas será feita a apresentação mais pormenorizada deste tipo de soldadura [Reis, Carlos (2002)].

Soldadura com protecção de um gás inerte com eléctrodo de fusível (MIG):

MIG → Metal Inerte Gás

Este processo é semelhante ao anterior mas neste caso, o eléctrodo é formado pelo metal de adição que é alimentado automaticamente (ver figura 3.2).

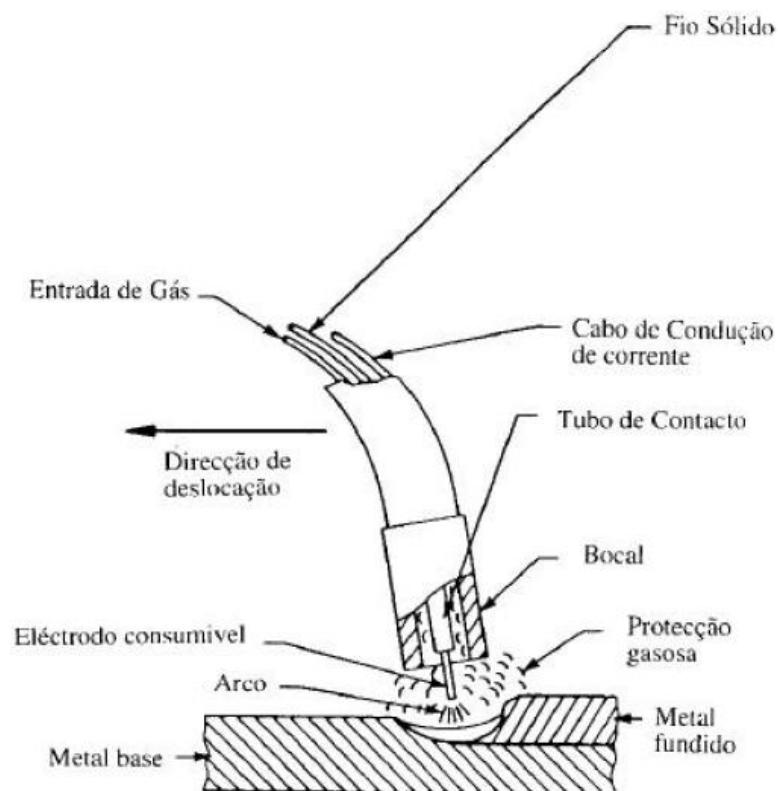


Figura 3.2 - Forma de actuar a soldadura MIG

[http://html.rincondelvago.com/soldadura_10.html]

As principais características do processo de soldadura MIG é que utilizam intensidades de corrente muito elevadas no fio eléctrodo e nestas condições a transferência de metal no arco é feita sob a forma de pequenas gotas projectadas a partir da extremidade do eléctrodo em direcção à peça.

Vantagens do processo MIG:

- Grande velocidade de depósito – 2 a 8 kg/h;
- Pode ser utilizado manualmente ou automaticamente;
- O arco eléctrico é visível, há maior facilidade no controlo da posição e do banho em fusão;
- A gama de espessuras soldáveis é grande, depende de factores como o metal a soldar, tipo de junta posição, técnica de soldadura (na soldadura manual considera-se 4 mm e na automática 1,5 mm);
- Normalmente cordões de soldadura são de elevada qualidade.

No processo de soldadura MIG utiliza-se corrente contínua com polaridade inversa. Nestas condições quando as correntes são elevadas a projecção do metal de adição faz-se por pequenas gotas, o arco é estável e a penetração é boa, além disso a película de óxidos superficiais que recobre as chapas é eliminada.

A velocidade de fusão do fio eléctrodo depende do próprio fio, da corrente utilizada e é regulável actuando no comando de regulação. O fio eléctrodo é de alumínio, cobre, aço e para que possa ser utilizado nas melhores condições deve ser de diâmetro e encruamento constante e deve estar isento de gorduras, humidade e sujidades.

O encurvamento do arco faz-se por contacto da extremidade do fio com a peça a soldar. É necessário que o gerador possua capacidade para fornecer corrente elevada e haja equilíbrio entre as velocidades de fusão e de alimentação do fio.

Na utilização deste processo, os parâmetros a considerar são a intensidade de corrente eléctrica, diâmetro do fio, velocidade de alimentação bem como o tipo de junta, preparação dos bordos, número de passes e posição do fio.

A posição da tocha deve ser quase vertical em relação ao cordão de soldadura. O ângulo com a vertical deverá ser $0 < \alpha < 30^\circ$.

As principais precauções a ter com este tipo de soldadura são os raios ultravioletas e os gases, pois, prejudicam gravemente a visão do operador bem como o seu sistema respiratório [Reis, Carlos (2002)].

Soldadura com protecção de um gás activo com eléctrodo de fusível (MAG):

Este processo é semelhante ao MIG, mas com gás activo. É considerado como um caso particular do processo MIG. Com efeito, os aparelhos de soldadura modernos, construídos para processo MIG, permitem a utilização de gases activos e portanto, servem também para o processo MAG. Os motivos do seu aparecimento consistem na necessidade de completar os aspectos negativos da soldadura MIG, tais como, penetração pouco favorável, obrigatoriedade de soldar ao baixo quando é utilizado com ligas leves e o preço do Árgon. Quanto à protecção gasosa as atmosferas activas são susceptíveis de dar lugar a reacções químicas no arco (plasma), nas gotas de metal, no banho de soldadura. Para a obtenção da mesma projecção de gotas, neste processo, é necessário maior intensidade de corrente no processo MIG.

Os gases utilizados são o anidrido carbónico puro, anidrido carbónico com oxigénio, anidrido carbónico com árgon, anidrido carbónico com árgon e oxigénio e anidrido carbónico com azoto.

O processo MAG aplica-se em várias circunstâncias, tais como, na soldadura ao baixo onde podem obter-se maiores deposições por unidade de tempo e onde a penetração é maior, mas as características mecânicas do cordão são inferiores.

Este processo faz a protecção ao material fundido (banho e metal de adição). Provoca reacções químicas de oxi-redução exotérmicas.

4. Análise de custos

Como em qualquer projecto industrial, inicialmente é sempre elaborada uma análise de custos, para auxiliar na escolha da melhor opção. Nesta dissertação calculam-se os custos correspondentes à implantação actual e à nova implantação da máquina de soldar que consiste na relação do custo por hora que é pago ao funcionário com a quantidade de painéis soldados no mesmo período de tempo. Na análise foram desprezados os custos:

- De energia, pois foi tido em conta, que se irá continuar a consumir a mesma energia, não havendo portanto alteração deste custo;
- Correspondentes ao investimento na máquina (fabricada na Fabriscape);
- De fio de solda, pois com o processo actual já está minimizado o consumo de fio que vem da bobina;
- De tubo, chapa e toda a mão-de-obra envolvente ao processo produtivo, pois estes gastos vão-se continuar a manter, porque em nada interferem na soldadura dos tubos de entrada e saída da panela. Admitindo que os desperdícios são os mesmos antes e após o melhoramento feito à máquina.

Na tabela 2 apresenta-se a quantia paga por hora a dois funcionários que habitualmente trabalham na secção de soldadura. Portanto, estes dois funcionários denominam-se como montagem manual e montagem mecânica.

A fim de se obter um resumo de custos de cada panela de escape/ ou série, recolheu-se aos dados da tabela 2. A coluna variável representa uma recompensa que a empresa atribui a um funcionário que tenha um bom desempenho produtivo. A soma do vencimento base e a variável representa o valor por mês a pagar pela empresa.

Tabela 2 - Resumo de custos

Operador	Vencimento Base (€)	Variável (€)	Custo/hora (€/h)
Montagem manual	832,00	170,00	8,00
Montagem mecânica	600,00	0,00	6,00

Para o preenchimento da tabela 4, teve-se em conta as médias produzidas pelo mesmo operador na montagem manual e na montagem mecânica.

Apresenta-se em seguida um exemplo do cálculo de custos correspondente à panela de referência 33307 (Opel Corsa B).

Montagem manual:

$$Custo = \frac{(832,00+170,00)}{22} = 45,55 \text{ €/dia} = \frac{45,55}{8} = 5,69 \text{ €/h} \quad (4.1)$$

Após uma análise feita pela empresa, em média na montagem manual, uma hora representa a execução de 22 panelas com um custo de 5,69€. Logo cada panela tem um custo de 0,26€.

Montagem mecânica:

$$Custo = \frac{600,00}{22} = 27,27 \text{ €/dia} = \frac{27,27}{8} = 3,41 \text{ €/h} \quad (4.2)$$

A tabela 3 representa a simplificação dos cálculos feitos nas equações (4.1) e (4.2).

Tabela 3 – Custo por hora dos dois tipos de montagem

Montagem	Custo médio por hora para a empresa (€/h)
Manual	5,69
Mecânica	3,41

Em média na montagem mecânica, solda-se 40 painéis por hora com um custo de 3,41€. Logo a operação de soldadura de cada painel tem um custo de 0,09€.

Tabela 4 - Custo por painel das séries mais vendidas

Referência (Marca/modelo)	Média de painéis/hora		Custo de montagem por painel	
	Manual	Mecânica	Manual	Mecânica
33307 Opel Corsa B	22	40	0,26 €	0,09 €
22292 Ford Fiesta	23	41	0,25 €	0,08 €
37508 Renault Mégane	14	25	0,41 €	0,14 €
3734517 Renault Clio	13	21	0,44 €	0,16 €
35409 Peugeot 206	20	28	0,29 €	0,12 €

Como se verifica na tabela 4 existe alguma variação nos custos de várias painéis, este custo está associado a painéis de formato mais difícil de soldar, curvaturas apertadas à entrada e saída da painel e o diâmetro dos tubos.

5. Construção de um sistema de escape

Para o bom funcionamento de um qualquer veículo motorizado é necessário ter um sistema de gases capaz de escoar estes de forma eficaz. De um conjunto de escape pretendem-se basicamente três funcionalidades: (1) canalizar os gases de escape do motor para o exterior; (2) reduzir o ruído provocado pelo motor e (3) reduzir as emissões de gases poluentes para a atmosfera. São apresentadas as várias formas de construção dos sistemas de escape na Fabriscape (ver figuras 5.1; 5.2, 5.3 e 5.4).

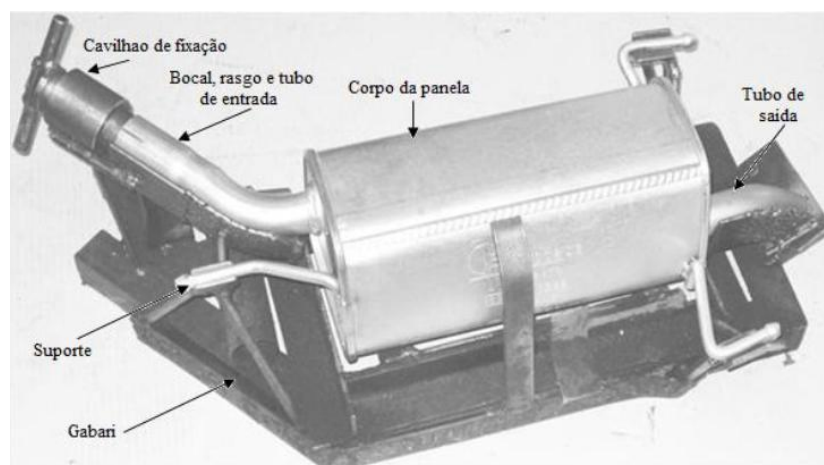


Figura 5.1 – Panela de escape

5.1. Panela de escape e componentes internos

As panelas de escape de um sistema de escape têm bastantes restrições de forma a reduzir o ruído emitido pelo motor do carro. Todos os elementos usados para reduzir esses níveis de ruído vão também limitar a rapidez com que os gases saem e por isso há uma redução na potência.

5.1.1. Fase inicial

Na construção do corpo de uma panela de escape colocam-se em simétrico duas chapas de igual dimensão e espessura, que, através de um sistema de ventosas, as conduz até ao local onde vão ser moldadas, no fim, de moldadas ficam sempre duas “barbelas” que vão ser passadas por um conjunto de discos, para criar uma costura (figura 5.2 - a)). Evita-se com esta costura a realização de cordões de soldadura que são sempre potenciais focos de oxidação na panela de escape.



Figura 5.2 - a) Tipos de costura utilizado na construção de uma panela; b) Barbela e corpo da panela

Realizada esta etapa, é altura de colocar no interior do corpo da panela, o que industrialmente se chama de “miolos” ou componentes internos (ver figura 5.3 - a)).

Montados os componentes internos, o funcionário insere o basalto / malha de aço inoxidável, para de seguida colocar as tampas superiores e inferiores (ver figura 5.3 - b)).

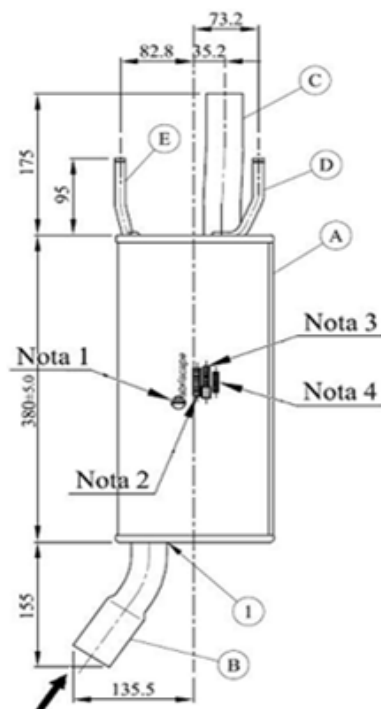


Figura 5.3 - a) Componentes internos da panela de escape; b) Tampas de cravar

No final de inseridos os componentes internos, cravadas as tampas e soldados os tubos de entrada e saída de gases, a panela está pronta para seguir para a secção de pintura. Antes de ser pintada a panela tem o semblante que se pode observar na figura 5.6.

5.1.2. Identificação de um sistema de escape

Todos os modelos de panela de escape têm referências que a empresa atribui de forma à sua base de dados estar organizada. Na figura 5.4 encontra-se um exemplo.



Nota 1: Logotipo, Letra 10, Alto relevo;

Nota 2: Referência, Letra 8, Alto relevo;

Nota 3: Homologação, Letra 8, Alto relevo;

Nota 4: Código de série, Letra 8, Alto relevo;

1: Soldadura a 360°;

Referências da empresa:

A: CC0034

B: TE02104502

C: TS02304205

D: SV1351201

E: SV1351202

Figura 5.4 - Desenho técnico de panela de escape

[Fabriscape, Lda – Documentação Técnica]

As letras “A, B, C e D” representam a referência que a empresa atribui á matéria-prima. Quanto á “Nota 1, Nota 2, Nota 3, Nota 4” representam as referências, para posterior venda ao cliente industrial. As setas representam o sentido dos gases emitidos pelo motor do veículo.

5.2. Construção dos tubos de entrada e saída

Os tubos de entrada e de saída são sujeitos também a uma sequência de etapas de produção, iniciando-se por cortar do tubo numa posição linear, de seguida segue-se para a secção de viragem de tubos. Esta viragem pode ser realizada de duas formas, uma menos modernizada, que consiste numa prensa hidráulica, em que o operário é que coloca os calços, mordentes e moldes segundo uma escala que indica a curvatura com que vai sair o tubo (ver figura 6.1 – a)). A segunda forma de virar os tubos é feita em três máquinas automáticas que a empresa possui.

No fim de virado o tubo, segue-se para o corte a sutado, abertura de bocais, abertura de rasgos (ver figura 6.1 - b)).

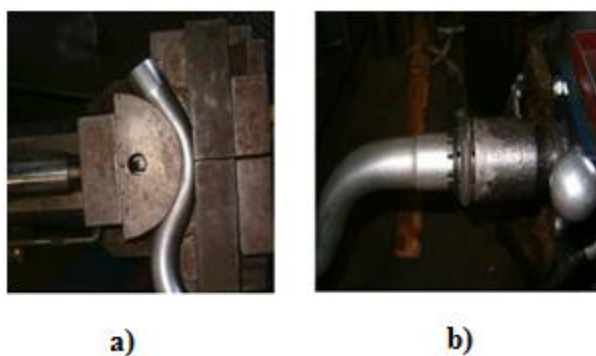


Figura 5.5 - a) Prensa hidráulica de viragem do tubo; b) Abertura de bocal

5.3. Montagem e operações finais

Uma vez preparados os tubos e as panelas é altura de juntar no gabarito todos os componentes que perfazem um sistema de escape tais como suportes e flanges.(ver figura 5.1)

No fim de uma série estar completa, esta segue para a pintura (ver figura 5.6) de forma a embelezar a panela escondendo todos os seus riscos mas mais importante possibilitando que a panela tenha uma superfície protectora contra todos os ambientes hostis por onde o automóvel circula.



Figura 5.6 - Aspecto de uma panela de escape antes da pintura (Com suportes e tubos de entrada/saída já colocados)

A pintura na empresa é executada por meios humanos, tornando-se assim um método mais lento mas mais cuidado porque possui a inspecção visual do operador a cada panela que é pintada.

6. Família de painéis a soldar

Neste capítulo considera-se apenas o conjunto de painéis que se pretende soldar na máquina, embora haja mais painéis de maiores e menores dimensões do que as mencionadas nas figuras 6.1 e 6.2 mas que são painéis de soldadura manual porque envolvem dois tubos de saída ou porque os tubos de saída têm perfil quadrangular.

Para a aplicação das garras de fixação na panela bem como para se ter uma noção de espaço livre para manuseio das painéis é necessário conhecer as dimensões máximas e mínimas destas e também o volume no espaço que os tubos varrem durante a rotação de 360° necessário no processo de soldadura da máquina.

6.1. Dimensões máximas e mínimas das tampas

Estas características das painéis são importantes para o sistema de fixação da panela ao gabarito e para se ter a noção da dimensão que os aros de rotação necessitarão para existir a rotação necessária no processo de soldadura.

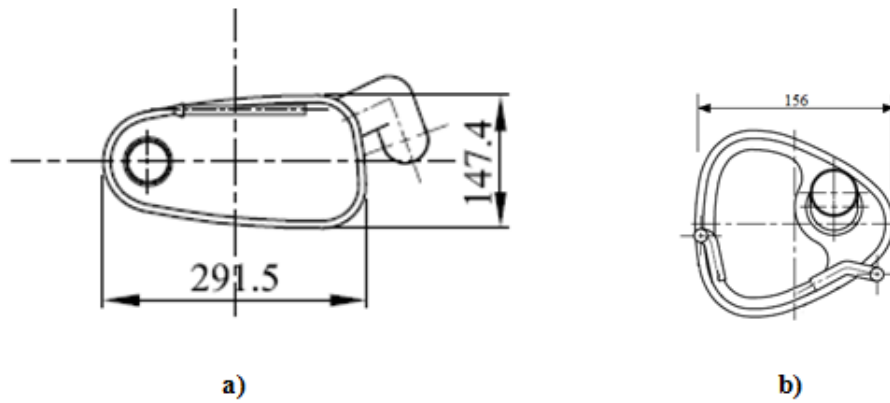


Figura 6.1 - Tampas das painéis. a) Dimensão máxima; b) Dimensão mínima

[Fabriscape, Lda – Documentação Técnica]

6.2. Comprimentos máximos e mínimos das painéis

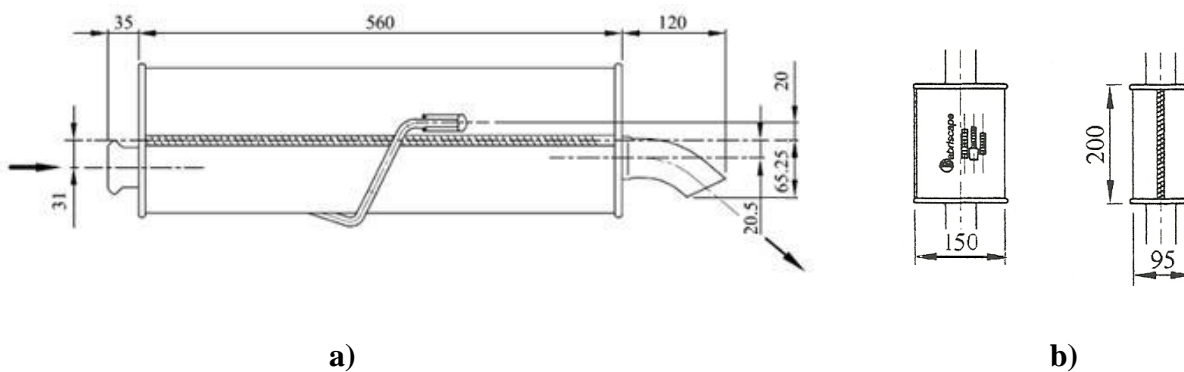


Figura 6.2 – Comprimentos das painéis. a) Comprimento máximo; b) Comprimento mínimo

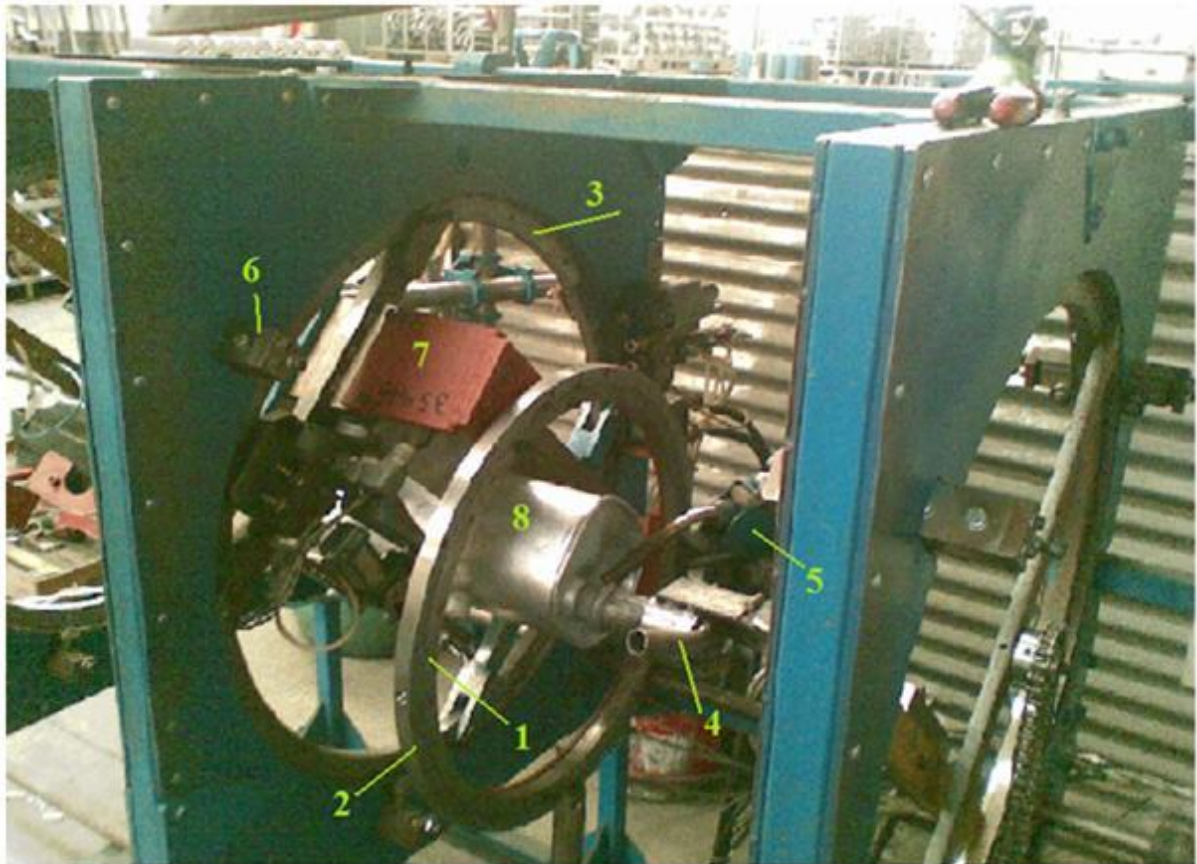
[Fabriscape, Lda – Documentação Técnica]

Este tipo de informação é importante, pois desta depende o local para a colocação das garras de fixação, uma vez, que existe um tipo de panela muito inferior à generalidade das painéis soldadas.

Estes dados são também relevantes para a boa projecção do comprimento da estrutura da máquina.

6.3. Aro de suporte da tocha

Para se fixar a tocha no aro interior é necessário que este por sua vez seja também solidário com algum tipo de rotação. Essa rotação é assegurada por três aros que rodam à mesma velocidade. O gabarito está fixado no aro central (ver figura 6.3).



Legendagem:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 - Aro interior; | 5 - Tocha de soldadura; |
| 2 - Aro exterior; | 6 - Rolamento de alinhamento ao aro; |
| 3 - Aro de rotação central; | 7 - Gabarito; |
| 4 - Cavilhão; | 8 - Panela de escape. |

Figura 6.3 - Componentes da máquina

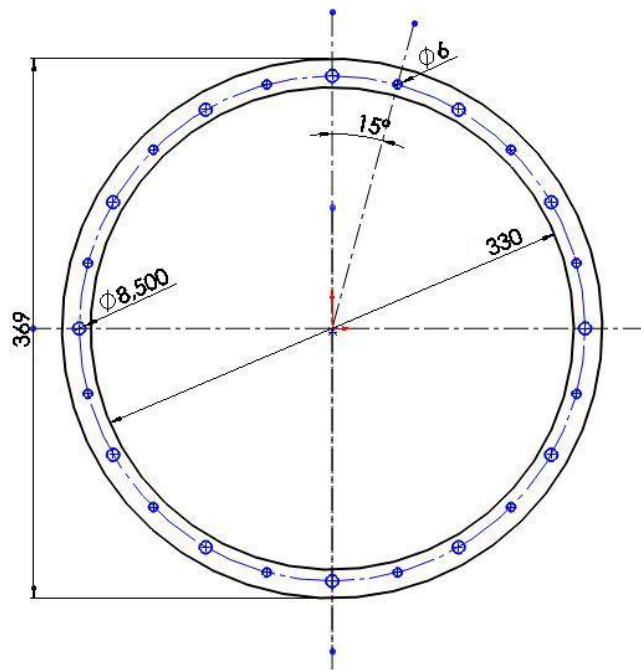


Figura 6.4 - Pormenores de construção para o posicionamento da tocha

Este aro (ver figura 6.4) permite que a tocha tenha uma trajectória que compensa a excentricidade que se verifica entre os eixos dos tubos de entrada e de saída.

Este mecanismo funciona como um rolamento em que o anel interior é solidário com o gabarito da panela e o aro exterior serve para fixar a tocha.

6.4. Aspectos a ter em atenção no posicionamento da tocha

A posição que a tocha ocupa durante a soldadura das características gerais da panela e dos tubos e das respectivas curvaturas.

De seguida são apresentados os casos mais críticos no que respeita ao funcionamento e posicionamento da tocha. Nos anexos 1, 2, 3 e 4 podem-se ver as distâncias do centro dos tubos ao eixo central da panela e também as curvaturas à entrada e à saída da panela.

6.4.1. Mau posicionamento da tocha

Por vezes a tocha não fica bem posicionada o que leva a soldaduras incorrectas.

Muitas vezes, esta falha resulta das variações do comprimento das painéis dentro da mesma série, não sendo possível apertar as tolerâncias dos componentes devido aos muitos processos produtivos que uma painél tem de dar até chegar à soldadura.

Dos casos analisados em parceria com a Fabriscape estimou-se que a distância máxima admissível entre a localização efectiva do cordão e a sua localização ideal é de 2,5 mm. Assim, o cordão deve ser realizado ao longo de uma superfície cilíndrica com 5mm de altura.

Na figura 6.5 verifica-se um caso em que a soldadura se procedeu num ponto incorrecto.



Figura 6.5 - Soldadura numa posição incorrecta

Portanto, deste levantamento torna-se claro que o movimento do sensor terá de compensar as várias dimensões das painéis.

6.4.2. Volume ocupado pelos diversos modelos de escapes

Após ter sido feito um levantamento dos diversos tipos de escape que a empresa pretende que a máquina solde, obteve-se o volume ocupado (ver figura 6.7) pelos escapes durante a rotação completa no processo de soldadura. A modelação para este estudo foi feita com o apoio do software SolidWorks.

Este levantamento é muito importante para o projectista, pois permite, saber os espaços na máquina em que não se pode implementar qualquer tipo de dispositivo. Há zonas do volume que já não se encontram no raio de acção da máquina. A forma rectangular (ver

figura 6.6) que se encontra ao centro da figura representa a maior panela em volume que a empresa deseja que seja soldada.

Os volumes traduzem o espaço ocupado pelos tubos de entrada e saída numa rotação completa [Cunha, J. V. (2008)].

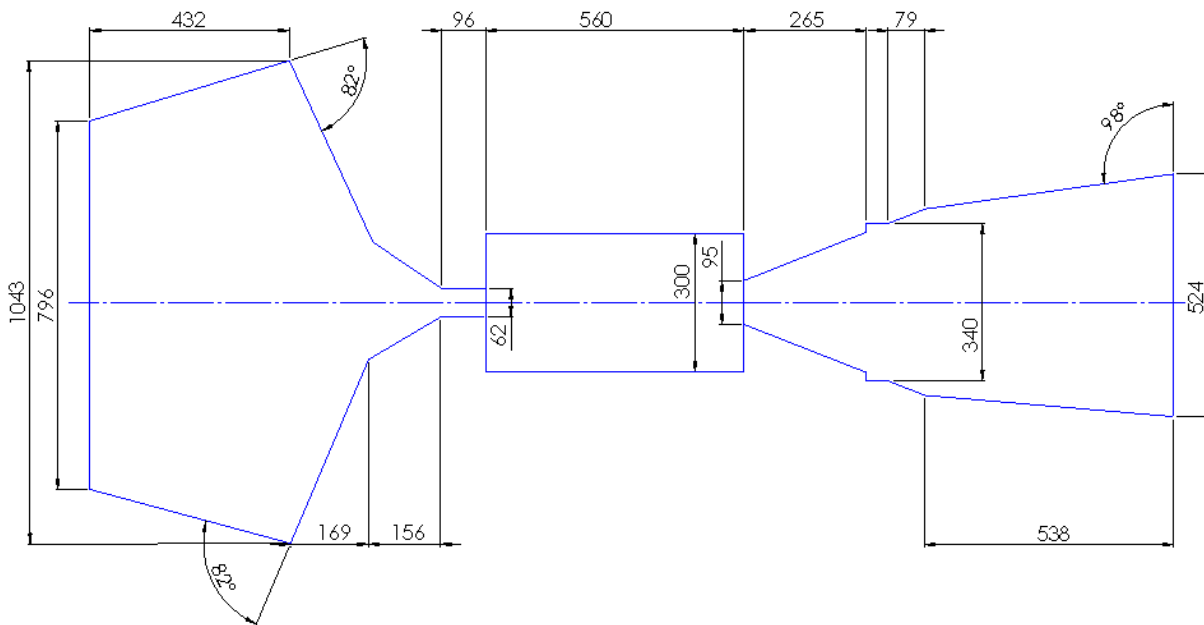


Figura 6.6 - Secção longitudinal do volume ocupado pelos escapes

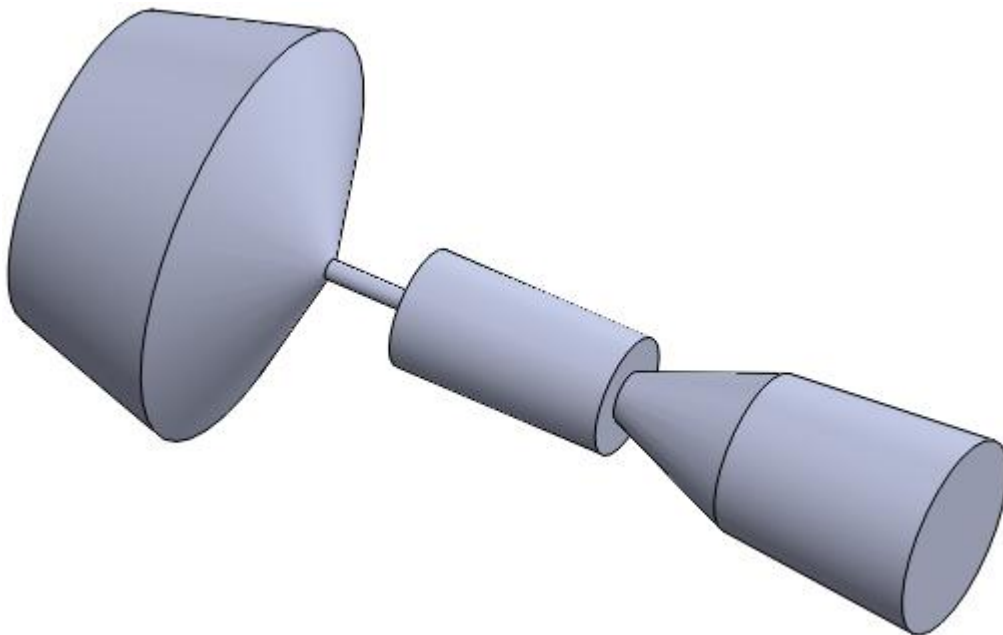


Figura 6.7 - Volume que ocupam os diversos escapes

7. Formulação do problema

Um sistema de controlo pode ser constituído por vários elementos. O diagrama de blocos é uma representação simbólica das funções desempenhadas por cada componente e do fluxo dos sinais. Num diagrama de blocos as variáveis do sistema estão ligadas entre si por meio de blocos funcionais. O bloco é uma representação das operações que são efectuadas sobre o sinal à sua entrada [Ogata, K. (2007)].

O melhoramento proposto na presente dissertação consiste na detecção automática da localização da soldadura. Este modo de funcionamento corresponde ao melhoramento que se pretende implementar na máquina de soldar.

Na figura 7.1 identifica-se a zona onde a máquina deve realizar o cordão de soldadura.

A linha óptima de soldadura identifica-se, como sendo o rebordo da tampa cravada, pois é nesse ponto que vai dar entrada um tubo que atravessa os componentes internos da panela.



Figura 7.1 – Localização óptima do cordão

7.1. Forma de operar actual

Actualmente a máquina não dispõe de nenhum sistema de detecção do local óptimo para realizar o cordão. Efectivamente o sucesso do processo de soldadura depende da calibração do equipamento e da regularidade da forma das panelas.

Na figura 7.2 apresenta-se o diagrama de blocos que traduz o modo de trabalhar da máquina na actualidade.

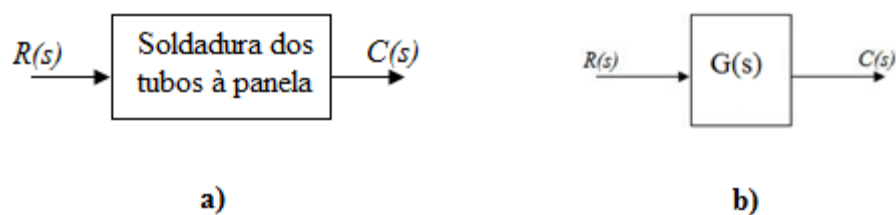


Figura 7.2 - Diagrama de blocos da forma como a máquina actua. a) Detalhado; b) Simplificado

Faz sentido o diagrama de blocos apenas ter um bloco que corresponde a toda a operação de soldar, pois, não existe qualquer tipo de adaptação a cada panela que se vai soldar na máquina.

Adaptando o diagrama de blocos à nomenclatura adequada, percebe-se que a saída ($C(s)$) sobre a entrada ($R(s)$) não tem qualquer efeito de recalibração.

Da figura 7.2 – b) tira-se a respectiva função de transferência:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = G(s) \quad (7.1)$$

7.2. Nova forma de operar

Então, se a ideia é haver uma adaptação a cada panela de escape, tem que se introduzir uma realimentação (ver figura 7.3 - a)) no diagrama de blocos de forma a comparar o sinal de saída com o de entrada, essa comparação fisicamente consiste na inserção de um carro com um sensor óptico fixado, que permite o movimento e detecção e que por sua vez se consegue adaptar aos diversos comprimentos que as panelas de escape apresentam.

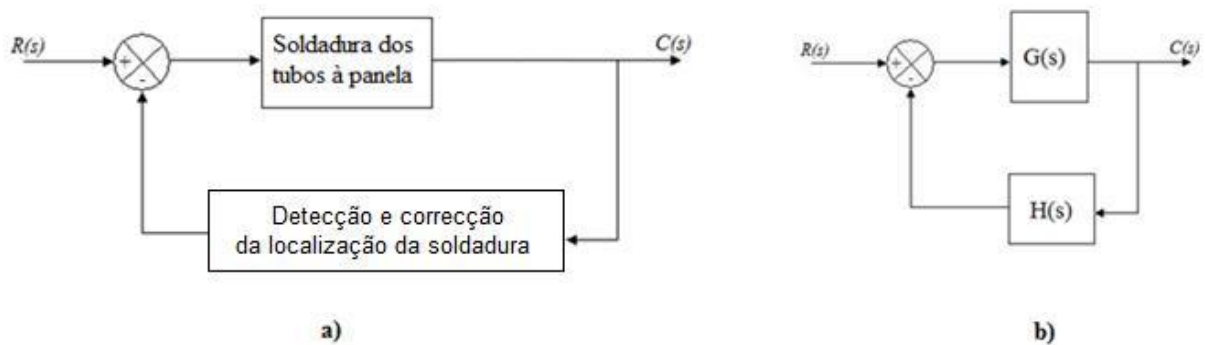


Figura 7.3 - Diagrama de blocos a implementar. a) Detalhado; b) Simplificado

Adaptando o diagrama de blocos à nomenclatura adequada (ver figura 7.3 – b)), percebe-se que a saída ($C_{(s)}$) sobre a entrada ($R_{(s)}$) sofre uma comparação, que corresponde à nova análise que o conjunto de carro e sensor realizam.

A função de transferência correspondente ao novo diagrama de blocos está representada pela equação (7.2).

$$\frac{C_{(s)}}{R_{(s)}} = \frac{G_{(s)}}{1 + G_{(s)}H_{(s)}} \quad (7.2)$$

8. Algumas soluções consideradas para o posicionamento da tocha

Neste capítulo são abordadas as diversas soluções que surgiram com o avançar deste trabalho. São explicados os motivos que levaram à exclusão de algumas das soluções até se chegar aquela que se pretende implementar.

8.1. Soluções previstas

De forma a melhorar o sistema de posicionamento, foram pensadas várias soluções que à medida que se estudava a aplicação, foram sendo invalidadas, por variadíssimas razões: (1) formato da panela, (2) não concentricidade dos eixos dos tubos de entrada e saída, (3) “barrigas” existentes em alguns tipos de tampas, (4) falta de perpendicularidade entre tampa e corpo da panela, entre outras razões.

8.1.1. Aplicação de um micro switch colocado na ponta da tocha

Pensou-se na aplicação de um “micro switch” (ver figura 8.1) em dois locais da tocha, na ponta e no corpo.

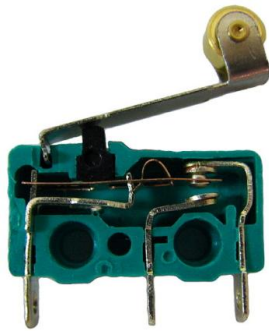


Figura 8.1 - Micro switch

O micro switch é um interruptor eléctrico com acções ON e OFF e para o seu funcionamento é necessária pouca força física, bastando portanto um pequeno contacto através da utilização de um mecanismo de toque de pontos. Este tipo de tecnologia é conhecida pelo seu design compacto, leve, com uma repetição de ciclos precisa e uma vida útil prolongada, estes aparelhos podem ser aplicados em situações que exijam alta precisão.

Nesta possível solução, a abertura do contacto é que definiria a distância do arame à tampa (ver figura 8.2).



Figura 8.2 - Micro switch com alavanca limitadora de operação

Relativamente a esta possível solução, depressa se destronou por várias razões, por exemplo o relevo das tampas nem sempre é liso, por vezes têm uma “barriga” que é necessária por imposição da marca de origem, logo quando a panela está em rotação na máquina a alavanca do micro switch iria tocar no relevo irregular da tampa e seria um efeito de paragem da tocha, a alavanca sairia também danificada pois está muito próxima da zona de acção da tocha.

8.1.2. Aplicação de um micro switch, colocado no corpo da tocha

Neste caso o accionamento do micro switch também é dado pelo contacto da “varinha” que está acoplada á alavanca deste tipo de accionador com a zona superior do rebordo da tampa (ver figura 8.3). À partida, este poderia ser um bom método, mas voltaria a persistir o problema da proximidade da varinha com a zona de soldadura, e também, os relevos irregulares que alguns modelos de tampa apresentam, desta forma, este, torna-se também um método pouco fiável.



Figura 8.3 - Micro switch com alavanca prolongada ao longo da tocha

8.1.3. Colocação de batentes no gabarito da máquina

Neste caso, pretende-se obter uma boa perpendicularidade entre a tampa e o corpo da panela. Esta solução é bastante boa se as panelas fossem mais regulares. Como tal não se verifica estas têm cerca de um a dois graus de desvio, o que iria provocar uma torção da

panela (ver figura 8.4). Um outro motivo é o facto de a empresa pretender soldar nos dois lados da panela ao mesmo tempo, o que invalida esta opção pois quando os eixos dos tubos não estão concêntricos é impossível aplicar esta metodologia.

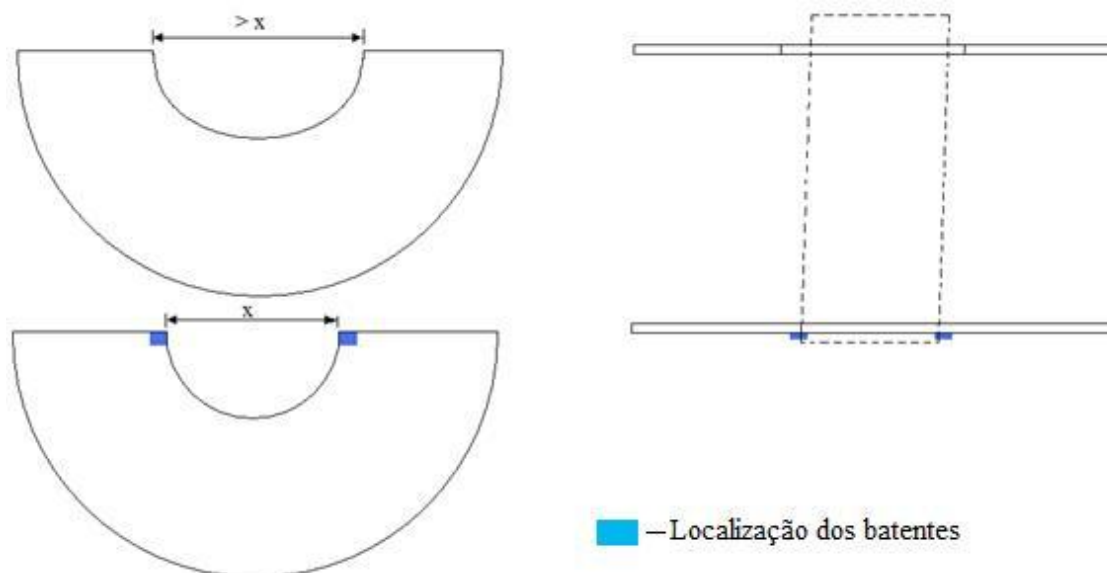


Figura 8.4 – Geometria de posicionamento da panela

Como se pode ver pela figura 8.4, quando a panela fica inclinada de forma a ficar fixada nos dois batentes (azul) a parte superior não fica com a mesma simetria, logo não permitiria o correcto posicionamento das tochas.

8.1.4. Utilizar um sensor de visão

Uma das ideias que surgiu foi um sistema de câmara com sistema laser acoplado, mas percebeu-se que devido ao ambiente hostil, gases, temperaturas altas entre outros, a câmara depressa apresentaria problemas graves. Um outro agravante, para este método, é o facto de o material disponível para venda apresentar oscilações de 3mm na detecção do “salto” a soldar (estes 3 mm consiste no limite de exactidão da localização do cordão), devido a estes motivos excluiu-se esta possibilidade.

Este dispositivo consiste numa pequena câmara que no processo de luz transmitida e luz incidente, o sensor capta os contornos de uma peça de verificação e compara-os com os contornos de um ou vários modelos numa imagem de referência [IFM - www.ifm.com]. Conforme o grau de correspondência, pode-se indicar, se o modelo ou que modelo foi

encontrado. Este é um método muito interessante no entanto demasiado complexo quando há soluções mais simples [*Bauchspiess, A., Alfaro, S., & Dobrzanski, L. (2001)*].

De salientar que este equipamento foi testado nas instalações da Faculdade de Ciência e Tecnologia onde superou com sucesso as expectativas.

Como requisitos de instalação do fabricante salienta-se:

- Montar o sensor à frente ou por cima da área a monitorizar. O tamanho do campo de imagem captável depende da distância de trabalho.
- Evitar situações de contraluz ou luz difusa, bem como alterações de luminosidade.
- Não posicionar os dispositivos de iluminação ambiente à frente da óptica da câmara.
- Posicionar a iluminação opcional externa, no lado oposto da óptica da câmara.
- Para não afectar a captação de imagens, não montar em áreas do sistema sujeitas a grande acumulação de sujidade.
- Os cabos instalados devem ser fixados com alívio de tracção.



Figura 8.5 - Sensor de visão com câmara

[IFM - www.ifm.com]

A utilização de uma câmara de reconhecimento de objectos (ver figura 8.5) também foi considerada como possível forma de identificar o local a soldar. No entanto não se optou por esta tecnologia por vários motivos, tais como: o custo de investimento e manutenção (lentes de substituição excessivamente dispendiosas) e principalmente pelo ambiente hostil em que teria de laborar.

9. Solução escolhida para posicionamento da tocha

“Um sensor de reflexão difusa (ver figura 9.1) é usado para detecção directa de objectos. Como nos sensores retro reflexivos, transmissor e receptor estão incorporados no mesmo invólucro. O transmissor emite luz, a qual é reflectida pelo objecto a ser detectado e vista pelo receptor. Este sistema não avalia a interrupção do feixe de luz, mas sim a luz reflectida de um objecto” [IFM - www.ifm.com].

A posição da tocha obtém-se através da identificação da costura da panela (ver figura 9.3). Quando o sensor detecta esta aresta (ver figura 9.3), o carro onde este e a tocha estão fixados pára, o que possibilita que a tocha se posicione no local correcto.



Figura 9.1 - Sensor óptico de reflexão difusa

Para utilizar um destes conjuntos, optou-se por acrescentar mais um batente de posicionamento da panela. O qual garante que as diferenças de comprimento das panelas sejam acomodadas só de um dos lados. Assim, só a posição de uma das tochas de soldadura tem de ser controlada a cada panela soldada.

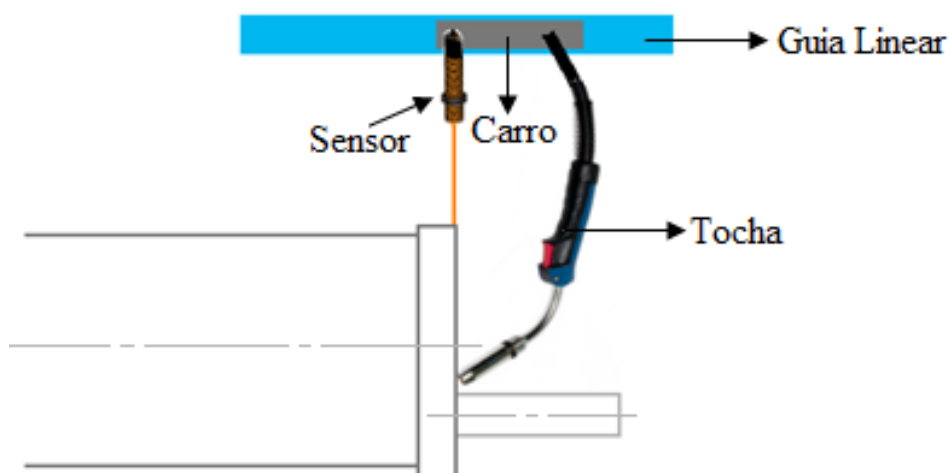


Figura 9.2 - Funcionamento do conjunto

Na figura 9.2 está esquematizado de modo simples a forma como se vai aplicar o sensor fixo ao carro que por sua vez deslizará sobre uma guia linear.



Figura 9.3 - Aresta que o sensor detecta

Na primeira soldadura de uma série de escapes o operador ajusta a tocha de maneira que o arame esteja a incidir na zona de soldadura. A partir daí é o sensor que permite compensar as diferenças de comprimentos das panelas de escape.

A forma de operar do sensor consiste na diferença de contraste quando está a varrer um objecto. É esta diferença de contraste que se verifica na costura das tampas que é sempre igual dentro da mesma série de panelas.

9.1. Características dos componentes utilizados

Nesta secção apresentam-se as características dos componentes a utilizar na montagem do sensor óptico e do movimento do conjunto.

A programação do sensor será também um tema abordado neste capítulo.

9.1.1. Sensor óptico de reflexão difusa

O sensor é um dispositivo que mede uma quantidade física e converte-a num sinal que pode ser lido por um instrumento. Por exemplo, um termómetro de mercúrio converte a temperatura medida em expansão e contracção de um líquido que pode ser lido num tubo de vidro calibrado. Para maior precisão, os sensores devem ser calibrados relativamente a padrões conhecidos [<http://en.academic.ru>].

Os sensores são usados em objectos do quotidiano, tais como botões de elevador sensível ao toque e luzes que escurecer ou clarear tocando a base. Há também inúmeras aplicações para sensores de que a maioria das pessoas nunca está consciente. As aplicações incluem automóveis, máquinas, indústria aeroespacial, medicina, indústria e robótica entre outras.

A sensibilidade do sensor indica a quantidade de mudanças de saída do sensor quando muda a quantidade medida. Por exemplo, se o mercúrio no termómetro move um centímetro, quando há mudanças de temperatura de 1°C, a sensibilidade é de 1cm/°C. Para alterações muito pequenas os sensores devem ter uma sensibilidade muito elevada.

O progresso tecnológico permite sensores cada vez mais sofisticados e a serem fabricados em escala microscópica como microsensors utilizando a tecnologia MEMS (Micro-Electro Mechanical System).

Um sensor de boa qualidade obedece às seguintes regras:

- É sensível à propriedade medida;
- É insensível a quaisquer outros bens ou interferências;
- Não influencia a propriedade medida.

Desvios e erros de um sensor:

Se o sensor não é o ideal, há diversos tipos de desvios que podem ser observados [Buscariollo, P. H. (2008)]:

- A sensibilidade pode, na prática diferir do valor especificado. Isso é o chamado de erro de sensibilidade, mas o sensor ainda é linear.
- Uma vez que o alcance do sinal de saída é sempre limitado, o sinal de saída será, eventualmente, atingir um mínimo ou máximo, quando a propriedade medida ultrapassar os limites. O fundo de escala define os valores máximos e mínimos da propriedade medida.
- Se o sinal de saída não é zero quando a propriedade medida é zero, o sensor tende a ter um deslocamento.
- Se a sensibilidade não é constante durante o intervalo do sensor, isso é chamado de não-linearidade. Geralmente isso é definido pela quantidade de saída que difere no comportamento ideal para toda a faixa do sensor.
- Se o desvio é causado por uma mudança rápida da propriedade medida ao longo do tempo, há um erro dinâmico.
- O ruído é um desvio aleatório do sinal que varia no tempo.
- A histerese é causada por um erro quando a propriedade medida inverte a direcção, mas há algum desfasamento no tempo finito para o sensor responder.
- O sensor pode, em certa medida, ser sensível a outras propriedades que a propriedade que está sendo medido. Por exemplo, a maioria dos sensores são influenciadas pela temperatura do ambiente.

Todos estes desvios podem ser classificados como erros sistemáticos e erros aleatórios. Os erros sistemáticos às vezes podem ser compensados através de algum tipo de estratégia de calibração. O ruído é um erro aleatório que pode ser reduzido através de processamento de sinais, como filtragem, geralmente em detrimento do comportamento dinâmico do sensor.

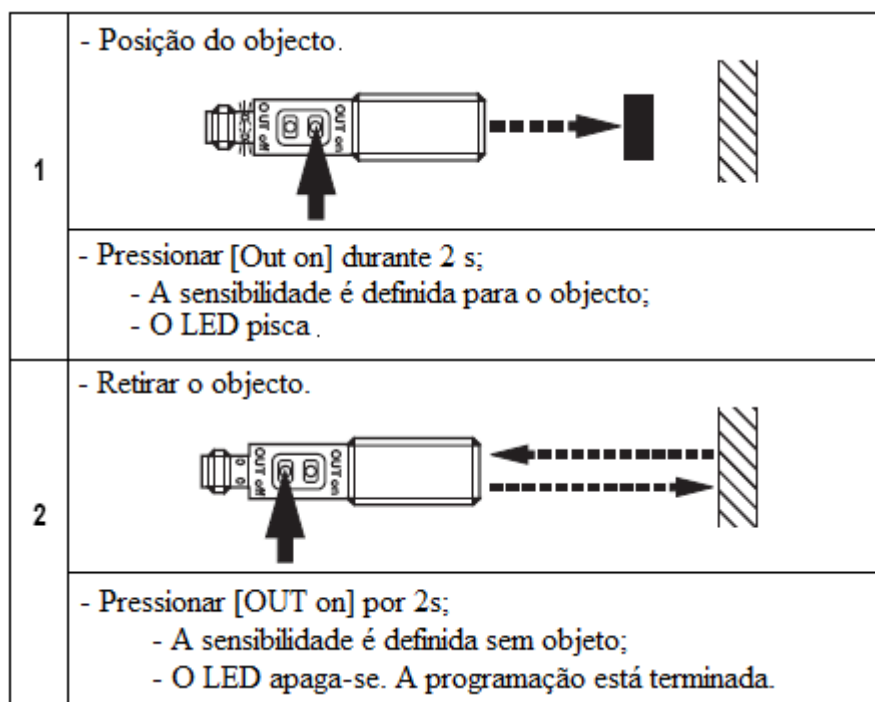


Figura 9.4 - Programação do autómato

[IFM - www.ifm.com].

Dentro da vastíssima área dos sensores, o detector de posição utilizado pertence à família dos sensores ópticos de reflexão difusa. (ver figura 9.1) Este sensor tem a vantagem de ter uma memória interna que memoriza através do contraste, o “ressalto”, que existe em todas as painéis soldadas na Fabriscape.

A forma de programar este sensor, a memorizar o contraste está representado na figura 9.4.

9.1.2. Movimentação do laser

A movimentação do laser e da tocha pode ser efectuada de várias formas. Uma vez que a deslocação que é necessária na máquina, é na mesma direcção, optou-se por adaptar um carro movido através de uma corrente [CTS - <http://www.ctsitaly.com>].

O conjunto de guia linear (figura 9.5) escolhido para a aplicação apenas vai permitir movimento numa direcção. A plataforma de movimentação é composta na sua parte inferior por anéis externos que permitem a circulação de ambos na barra de aço de secção circular, que dá um deslizamento quase perfeito [Siepi - <http://www.siepinet.com/pagina/index.html>].

Na gama de produtos à venda pela CTS - Italy a maioria dos conjuntos de guia linear vêm preparados para laborar com correias devido ao seu baixo custo e ao modo silencioso com que se movimentam. Mas em conversa com o gabinete técnico da empresa foi sugerido pela minha pessoa que se substituísse a correia por uma corrente e um fole de protecção incluído. É necessário este cuidado devido ao ambiente muito hostil em que a máquina está inserida (calor excessivo, gases, pó, salpicos de solda, entre outros).

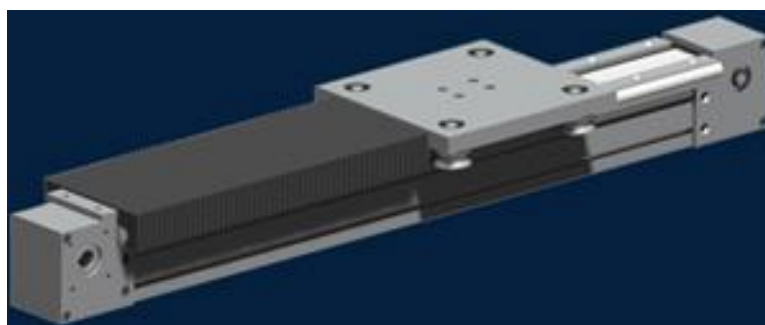


Figura 9.5 - Conjunto de guia linear

[Siepi - <http://www.siepinet.com/pagina/index.html>]

Uma vez que há limitação de espaço na estrutura da máquina, teve que se reajustar o curso útil do carro para 280 mm, alteração, esta, que em nada vai afectar o bom desempenho da máquina, e esta redução, continua a conseguir abranger os modelos com maior comprimento que a empresa pretende que sejam soldados nas máquinas de soldadura automática. Para o curso de 280 mm prevê-se que o carro demore 3 segundos a percorrer todo o seu curso.

Para não haver perdas de tempo enquanto o carro se afasta ou se aproxima da panela, foi considerado um tempo de deslocação no autómato. Ou seja, enquanto se está a laborar na mesma série de panela, o carro apenas retorna por um período de 2 segundos, evitando que o tempo de ciclo aumente desnecessariamente. No entanto na simulação presente nesta dissertação está programada para 5 segundos a fim de ser perceptível o tempo dado à operação.

9.2. Características do carro e guia linear

- Guia linear comprimento total 600mm;
- Curso útil 280mm;
- Transmissão corrente 3/8 simples refª AD 210M 60mm;
- Motorização moto redutor c/pré-estagio de redução refª PG 056 1/3 + RMI 28FL 1/100;
- Motor eléctrico trifásico 0,09KW 1500rpm tam56 B14.

A representação da guia linear encontra-se representada na figura 9.7.

A localização do motor (ver figura 9.6) é deveras pouco importante neste caso, uma vez que este vai ficar na parte exterior da estrutura da máquina, local este, que se encontra em vazio, isto é, não há componentes mecânicos a perturbar a correcta fixação do motor.

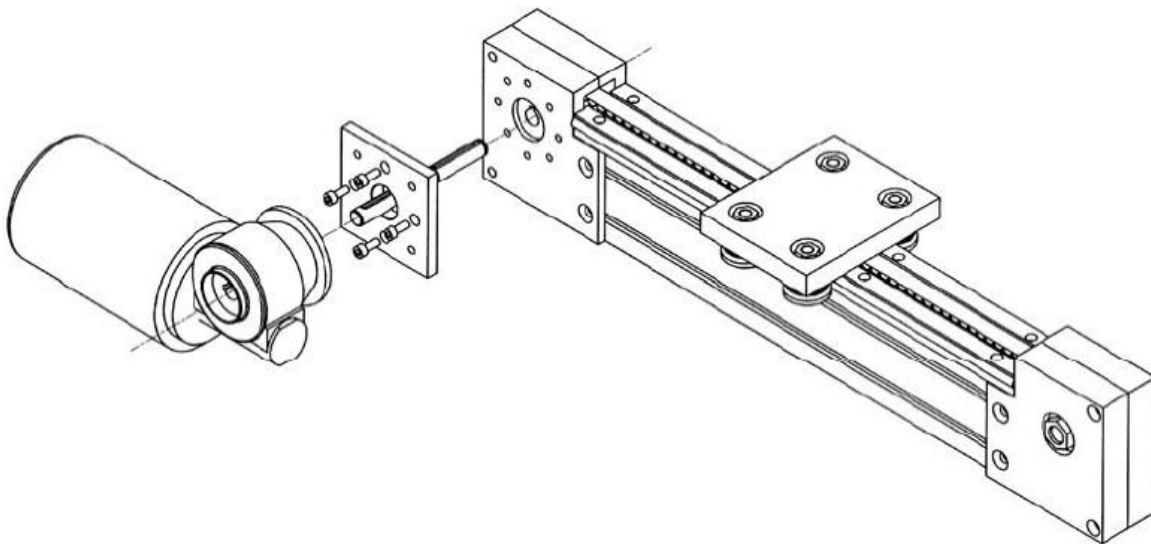


Figura 9.6 - Localização do motor

[Siepi - <http://www.siepinet.com/pagina/index.html>]

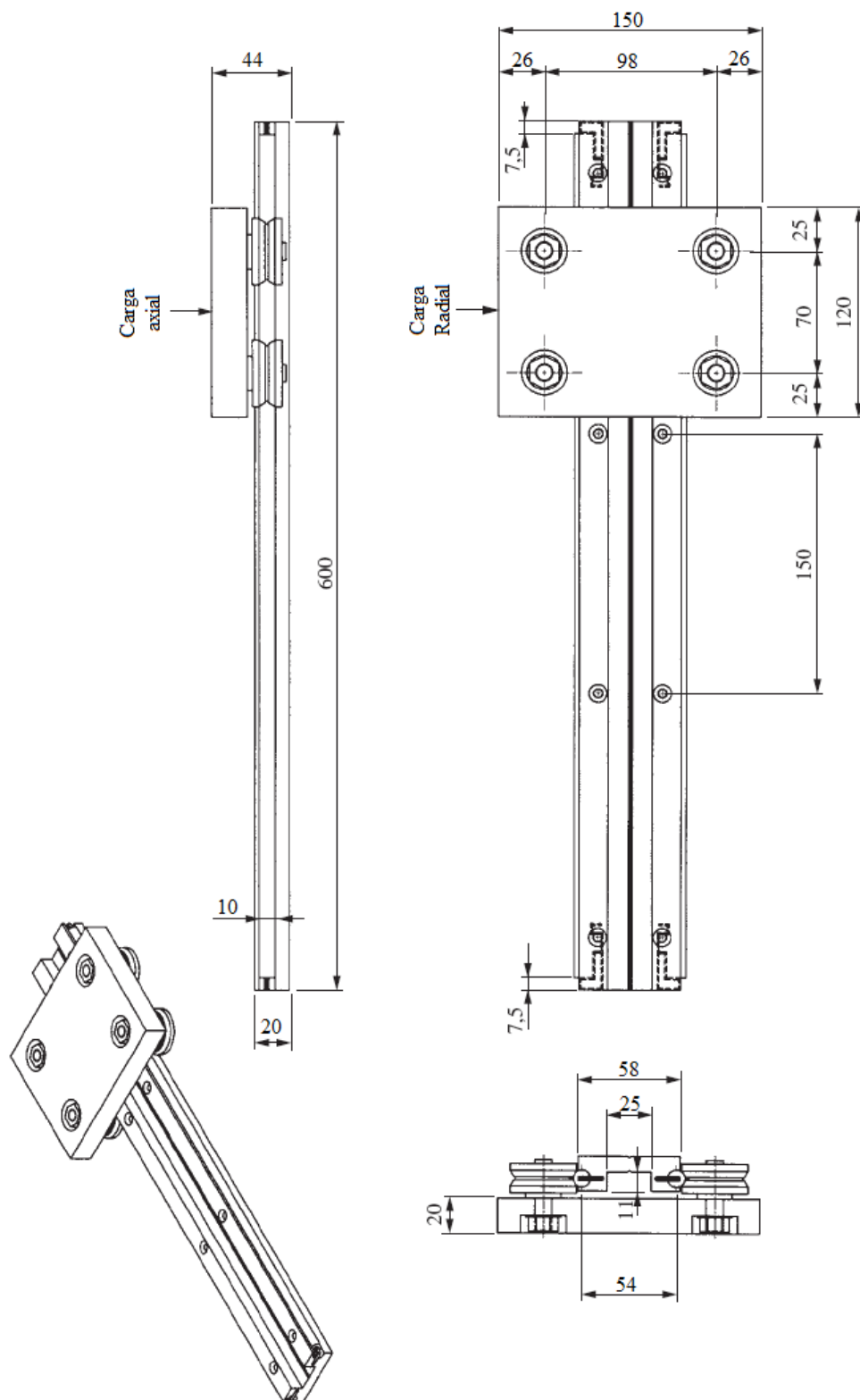


Figura 9.7 - Guia linear e carro

[Siepi - <http://www.siepinet.com/pagina/index.html>]

Os apoios onde desliza o carro são constituídos por duas barras de aço com secção circular temperado e cromado, são rígidas e mantidas em paralelo por um perfil de alumínio (ver figura 9.8).

O equipamento traz de origem sensores fim de curso para indicar quando o carro chegou às suas extremidades.

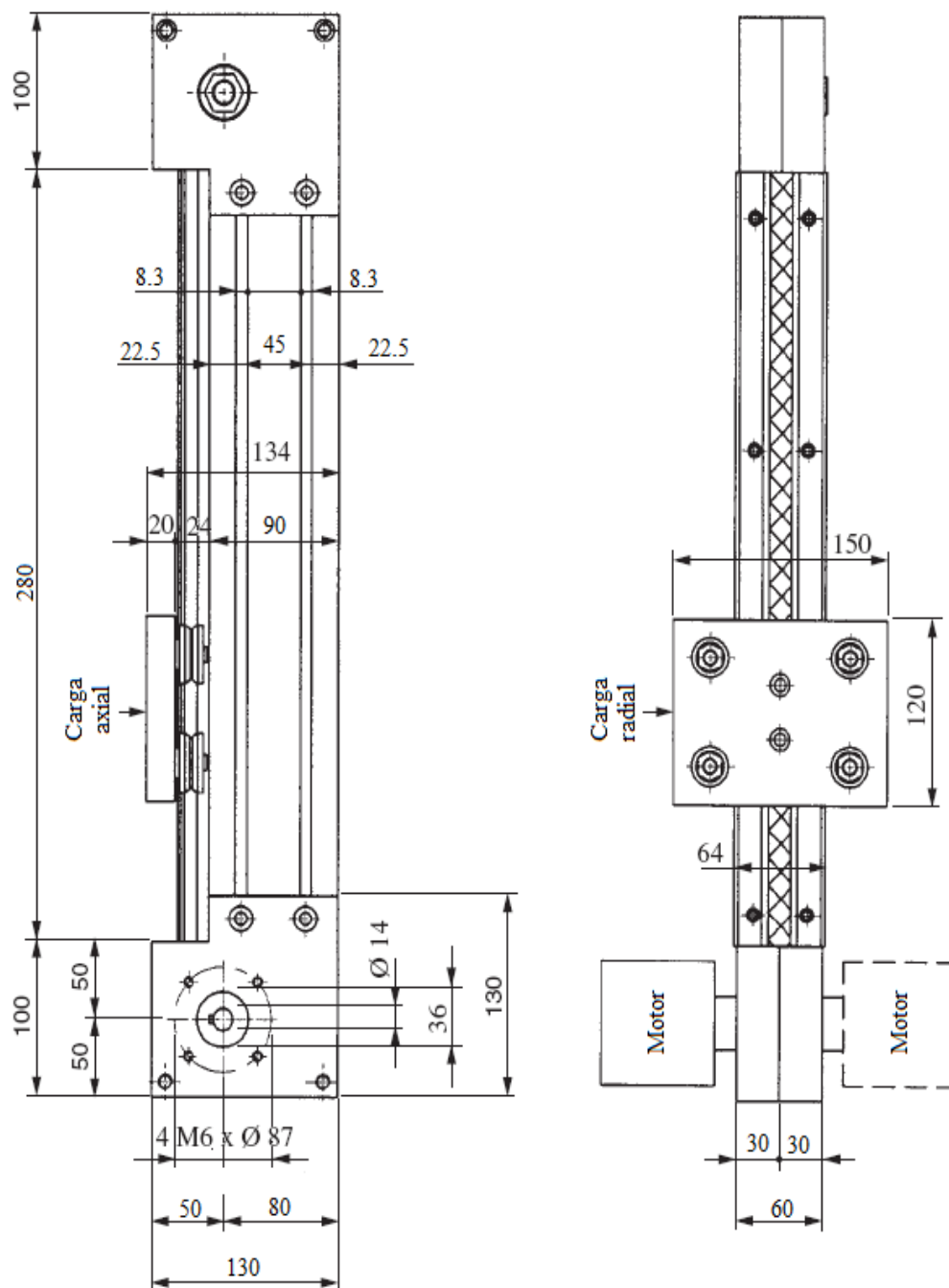


Figura 9.8 - Suporte do conjunto

[Siepi - <http://www.siepinet.com/pagina/index.html>]

10. Reprogramação do autómato

A máquina em questão já está a trabalhar com o auxílio de um controlador lógico programável (PLC) do fabricante OMRON da série de PLC compacto até 320 E/S (Sysmac CP1L), como ainda há entradas e saídas disponíveis não há necessidade de recorrer-se a módulos compatíveis com o PLC principal. [OMRON - <http://industrial.omron.pt>]

Desta forma recorreu-se a dois tipos de linguagem de programação de autómatos, o diagrama de contactos (Ladder Diagram - LD) e à lista de instruções (Instruction List - IL) [Francisco, A. M. (2007)].

As vantagens que o autómato oferece são a grande (1) flexibilidade e versatilidade nas aplicações a que se destina, (2) menor número de componentes e pelas (3) poucas ligações existentes (alimentação do autómato, sensores e accionadores).

10.1. Programação através do diagrama de contactos.

Quanto ao diagrama de contactos foi elaborado em software da Schneider Electric referente ao autómato Twido. Foi utilizado para este autómato porque tem a possibilidade de um simulador, o que não acontece com o software da OMRON. A linguagem de contactos tem que ser igual para todos os fabricantes, o diagrama de contactos é uma linguagem

universal que apenas tem de se ajustar em pequenos detalhes para cada fabricante [Pires, J. N. (2007)].

Inicialmente começou-se por atribuir designações às entradas e saídas para o autómato. Para as entradas atribuíram-se as terminologias representadas na figura 10.1)

Used	Address	Symbol	Used By	Filtering
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.0	START	user logic	3 ms
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.1	SENSOR_CONTRASTE	user logic	3 ms
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2	TOCHA_CONTRARIA	user logic	3 ms
<input type="checkbox"/>	%I0.3			3 ms
<input type="checkbox"/>	%I0.4			3 ms
<input type="checkbox"/>	%I0.5			3 ms

Figura 10.1 - Entradas atribuídas no autómato

As entradas e saídas constituem as ligações físicas do autómato com o exterior. Para o autómato correspondem a: um sinal eléctrico num estado lógico “0” ou “1” (entradas) e um estado lógico “0” ou “1” num sinal eléctrico (saídas).

Para as saídas a nomenclatura escolhida está representada na figura 10.2.

Used	Address	Symbol	Status?	Used By
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.0	MOTOR_RODA_ESQUERDA		user logic
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1	MOTOR_RODA_DIREITA	<input type="checkbox"/>	user logic
<input type="checkbox"/>	%Q0.2		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	%Q0.3		<input type="checkbox"/>	

Figura 10.2 - Saídas escolhidas no autómato

Reunindo todas as entradas e saídas escolhidas, formou-se o diagrama de contactos. (ver figura 13.3) O temporizador escolhido é do tipo TP (temporizador de impulsos) e foi-lhe inserido um tempo de 5 segundos apenas para simulação que na realidade representa o tempo que o carro se desloca no sentido de se afastar da zona soldada para ser retirada a panela e ser inserido o próximo conjunto que o operador pretende soldar.

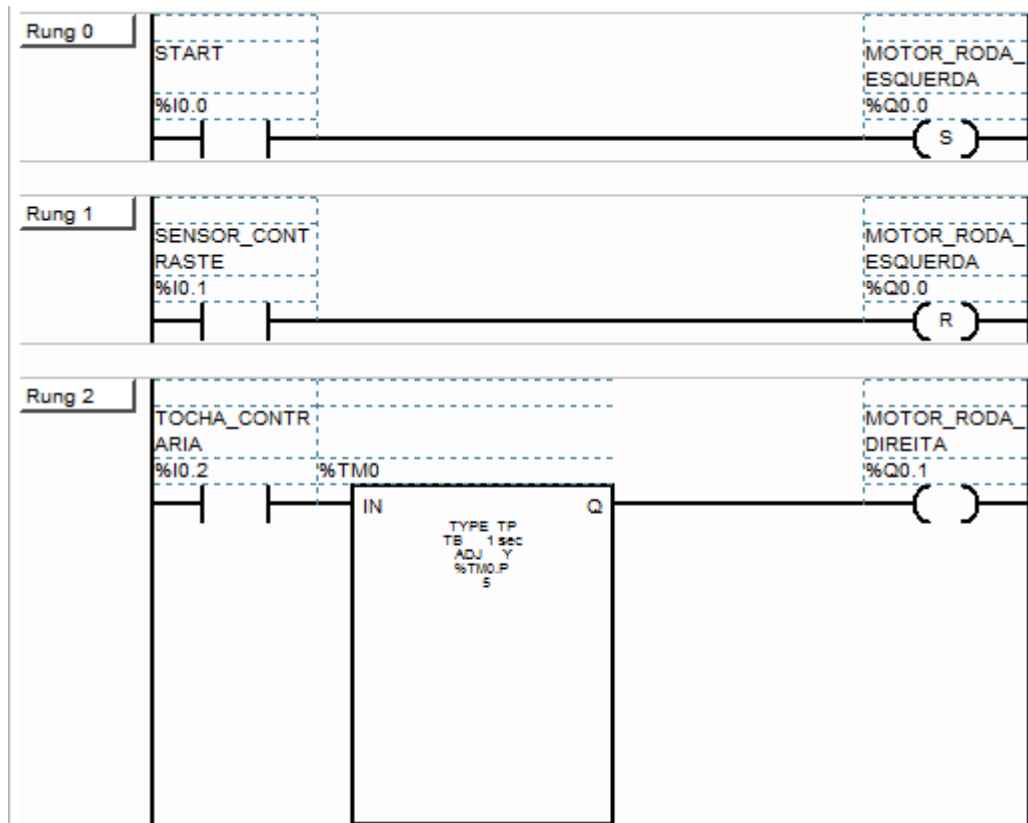


Figura 10.3 - Programação do autômato

O diagrama de contactos realizado (ver figura 10.3) tem a necessidade de ser adaptado à programação já existente no autômato da empresa, uma vez que existem entradas e saídas suficientes no mesmo [Schneider Electric - <http://www.schneider-electric.com.br>].

10.1.1. Simulação através do software Twido

A figura 10.4 representa o início do processo pelo pressionar do pedal pelo operador. Assim sendo, o motor do carro começa a sua marcha.

De salientar que o diagrama de contactos neste caso é para ilustrar em que ponto a simulação ocorre, pois o importante de se observar na simulação está representado na caixa do simulador que tem o fundo preto com as designações “IN” e “OUT”. No diagrama de contactos os símbolos (S) e (R) representam um Set (liga) e um Reset (desliga) ao motor respectivamente.

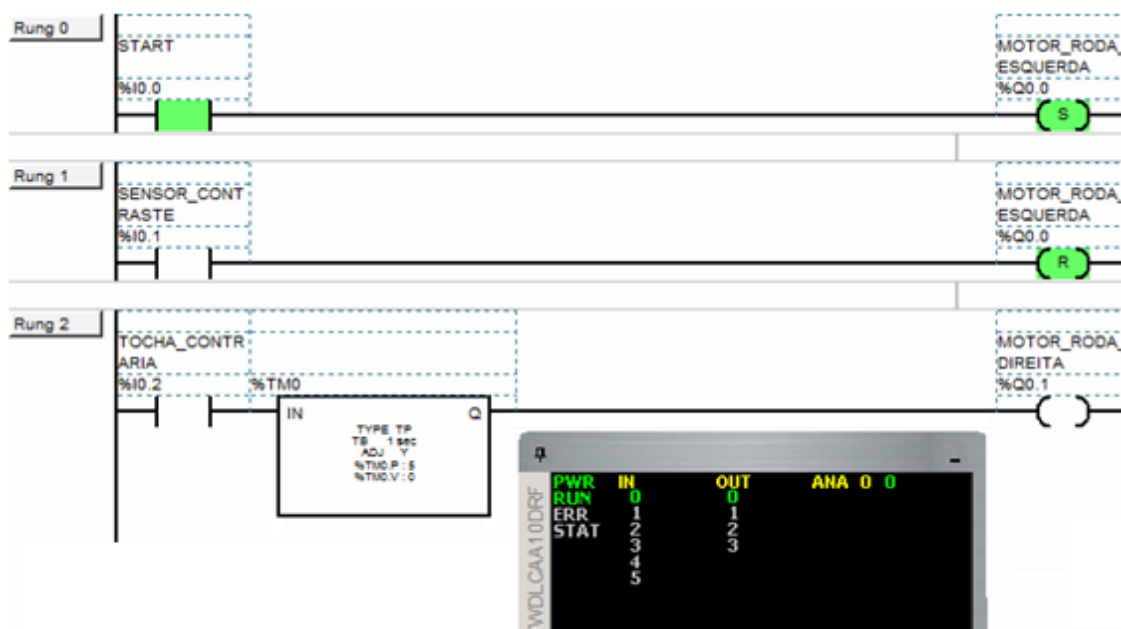


Figura 10.4 – 1ª Fase da simulação

Como se pretende, a entrada %I0.1 que representa o sensor óptico de reflexão difusa foi activada (ver figura 10.5) desta forma foi dada ordem ao motor para executar uma paragem. Esta paragem representa a detecção da aresta que o sensor tem memorizado e que permite o correcto posicionamento do carro.

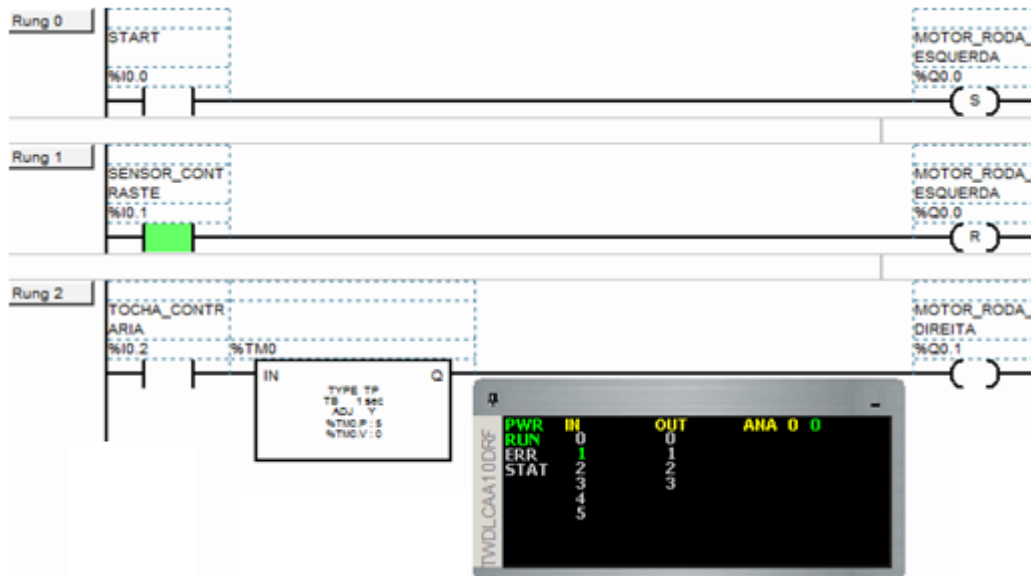


Figura 10.5 – 2ª Fase da simulação

Na figura de baixo (ver figura 10.6) está representado o motor numa marcha contrária à inicial a fim de se afastar da zona soldada. O tempo em que o carro está em movimento é dado por um temporizador de impulsos, que no caso da simulação se optou por 5 segundos.

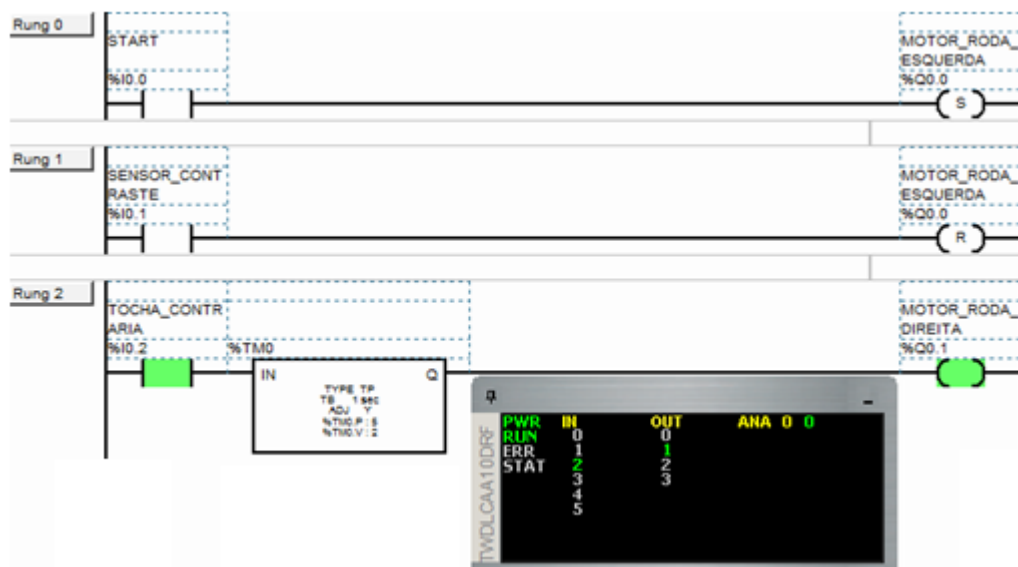


Figura 10.6 – 3ª Fase da simulação

Ao fim dos 5 segundos (ver figura 10.7), o motor pára, o que quer dizer, que se encontra afastado o suficiente para o operador retirar e voltar a colocar uma panela. A ideia de se colocar uma temporização inferior à do curso completo da guia linear é para não existirem tempos “mortos”.

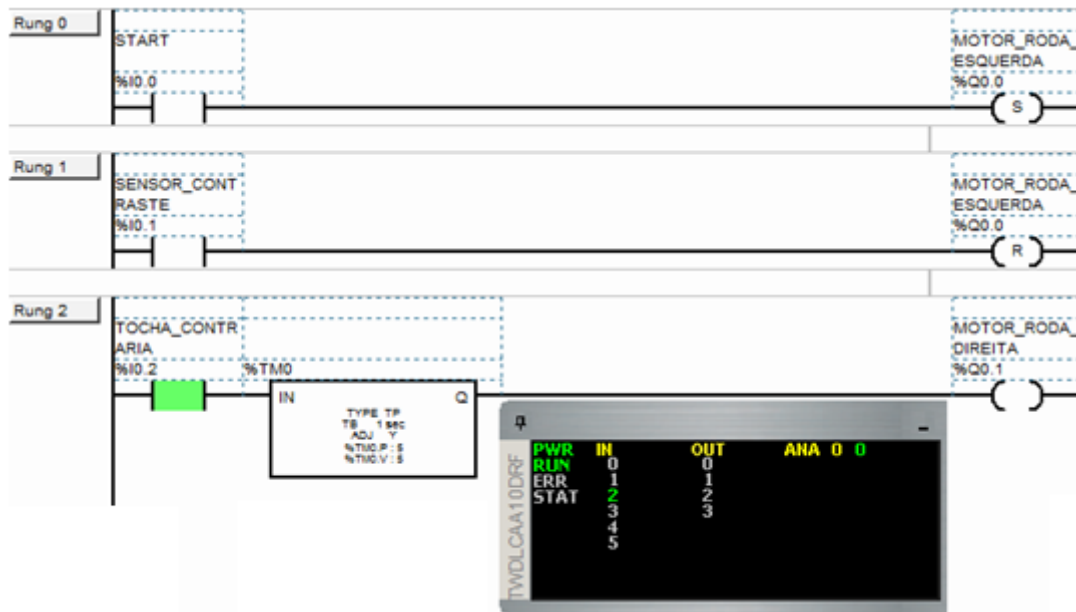


Figura 10.7 – 4ª Fase da simulação

Desta forma, ficou concluída com sucesso a simulação no software Twido.

10.2. Programação através da lista de instruções

O outro método utilizado para executar esta reprogramação do autômato que está a laborar na empresa foi a lista de instruções (ver figura 10.8) que consiste num conjunto de instruções mnemónicas, que indicam as acções ou operações que o programa executa, por exemplo, funções lógicas simples: *And* lógico e *Or* lógico, funções de comparação (<, > e =), funções pré-programadas (temporizadores, contadores), entre outros.

O programa em lista de instruções é constituído por um conjunto de linhas, com uma determinada ordem, escritas com as instruções do autômato que se vai utilizar.

O programa inicia-se com a instrução *Load* e é escrito, linha a linha, através do computador ou da consola de programação.

IL		
0	LD	START
1	S	MOTOR_RODA_ESQUERDA
2	LD	SENSOR_CONTRASTE
3	R	MOTOR_RODA_ESQUERDA
4	BLK	%TMO
5	LD	TOCHA_CONTRARIA
6	IN	
7	OUT_BLK	
8	LD	Q
9	ST	MOTOR_RODA_DIREITA
10	END_BLK	

Figura 10.8 - Lista de instruções

A lista de instruções (ver figura 10.8) geralmente não é utilizada pelo programador porque é uma linguagem de baixo nível, embora seja sempre enriquecedor se poder confrontar estes dois tipos de programação.

Conclusões

A presente dissertação tem como objectivo o melhoramento de um mecanismo para soldar automaticamente painéis de escape para automóveis.

Actualmente todas as afinações da máquina são feitas manualmente, isto é, o operador ajusta os componentes para a realização dos cordões de soldadura nos locais convenientes.

Com a realização desta dissertação, pretende-se dotar a máquina de funções automáticas de posicionamento do cordão

Durante um grande período de tempo, o principal problema foi encontrar uma solução que permitisse localizar a aresta de soldadura. Foram pensadas várias soluções mas nenhuma se impunha como sendo fiável e viável, por fim, optou-se por se utilizar um sensor óptico com possibilidade de supressão de fundo. Quando este sensor detecta a costura das tampas, dá ordem ao motor do conjunto linear para parar, ficando-se em condições de realizar o cordão de soldadura.

Uma vez feito o cordão, o carro desloca-se em sentido oposto ao inicial, de forma a gerar espaço para o operário tirar a panela da máquina. Este movimento de retorno permite também criar “espaço” de detecção para o novo ciclo de produção.

Os pormenores de construção de suportes, pequenos batentes e outros sistemas de fixação serão projectados e construídos pela empresa Micromolde.

A implementação da solução proposta já está em curso na empresa, prevendo-se dois a três meses até que os resultados possam ser aferidos.

O custo dos equipamentos a adquirir no mercado é de aproximadamente 1 857 € para a adaptação a cada máquina. Os custos de implementação são certamente superiores mas vão “dar trabalho” a uma das empresas da Fabriscape.

Durante a fase final da elaboração desta dissertação a Fabriscape propôs ao autor deste trabalho colaboração a tempo integral na empresa.

Referências bibliográficas

Bauchspiess, A., Alfaro, S., & Dobrzanski, L. (2001). Predictive sensor guided robotic manipulators in automated welding cells. *Elsevier Science - Journal of Materials Processing Technology* .

Buscariollo, P. H. (2008). *Sistema de posicionamento dinâmico baseado em visão computacional e laser*. São Paulo.

CTS - Guia linear; Disponível na internet em: <http://www.ctsitaly.com>

Cunha, J. V. (2008). *Desenho Técnico* (14ª ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

ESAB - Soldadura e corte; Disponível na internet em: <http://www.esab.com/pt/pt/education>.

Fabriscape, Lda - Documentação técnica.

Filho, T. F. (1999). *Aplicação de Robots nas Indústrias*. Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Elétrica, Vitória.

Francisco, A. M. (2007). *Autómatos Programáveis* (4ª Edição revista ed.). Lisboa: ETEP.

IFM - Sensores ópticos; Disponível na internet em: www.ifm.com

Liu, Z., Bu, W., & Tan, J. (2009). *Motion navigation for arc welding robots based on feature mapping in a simulation environment*. Elsevier Ltd .

Ogata, K. (2007). *Engenharia de Controle Moderno* (4ª Edição ed.). São Paulo: Pearson - Prentice - Hall.

OMRON PORTUGAL - Plc's; Disponível na internet em: <http://industrial.omron.pt>

Pires, J. N. (2007). *Automação Industrial* (3ª Edição ed.). Coimbra: ETEP.

Reis, Carlos (2002). *Técnicas de Soldadura*. (Sebenta de ensino). Entroncamento

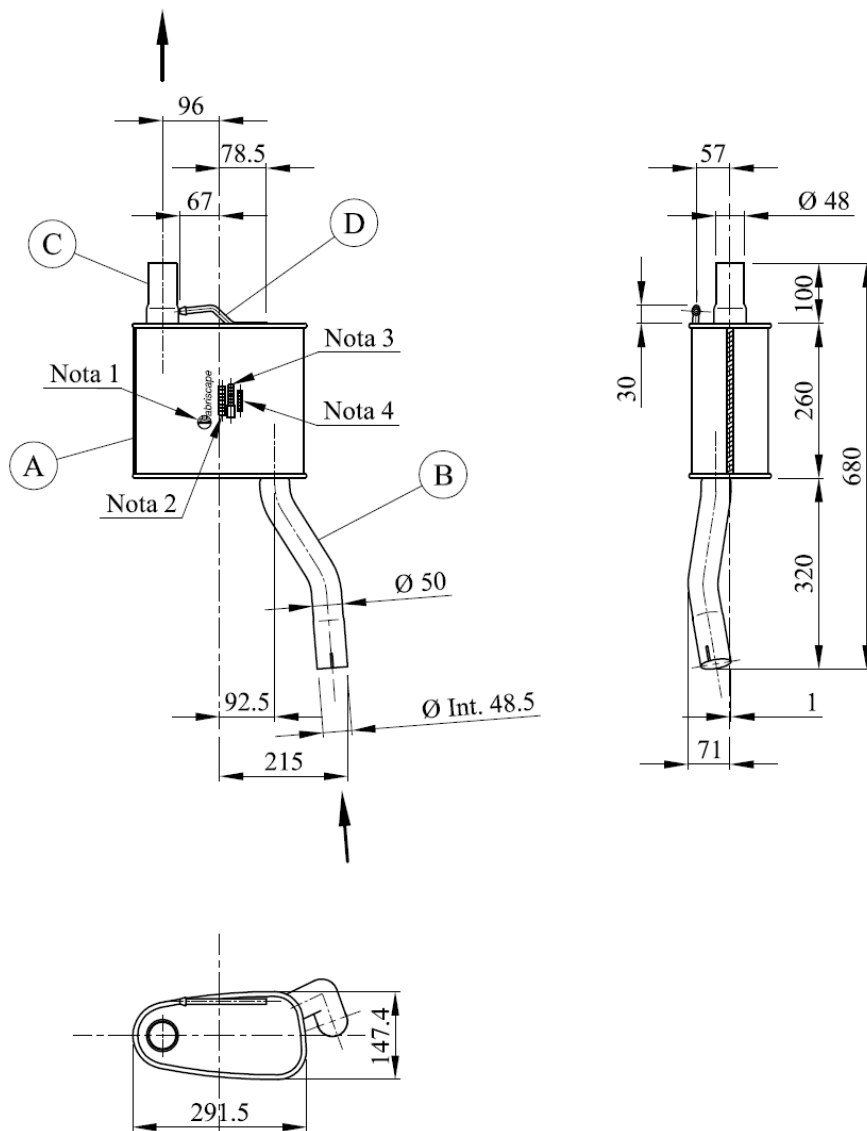
Schneider Electric Portugal - Plc's; Disponível na internet em: <http://www.schneider-electric.com.br>

Siepi - Guia linear; Disponível na internet em: <http://www.siepinet.com>

Z-LASER Optoelektronik. *Laser for positioning*. Freiburg, Germany: Z-LASER Optoelektronik.

Anexos

Anexo 1



Toleranciamento Seg.ª NP 265


Grau de precisão	Campo de dimensões					
	1 a 6	> 6 a 30	> 30 a 100	> 100 a 300	> 300 a 1000	> 1000 a 2000
Fino	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	---
Médio	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2
Grosseiro	---	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	±3.0

Nota 1: - Logotipo, Letra 10, Alto relevo

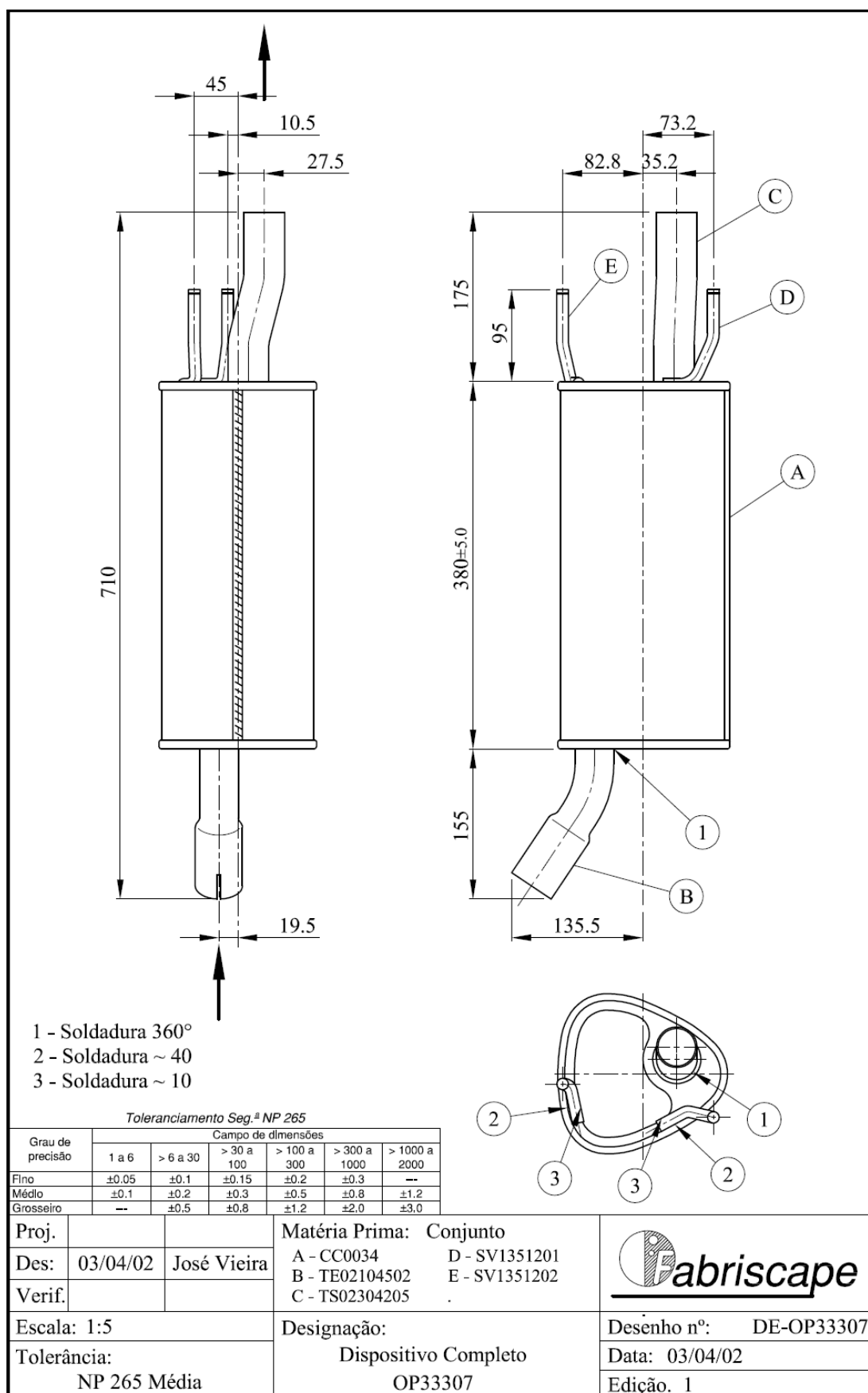
Nota 2: - Referência, Letra 8, Alto relevo

Nota 3: - Homologação, Letra 8, Alto relevo

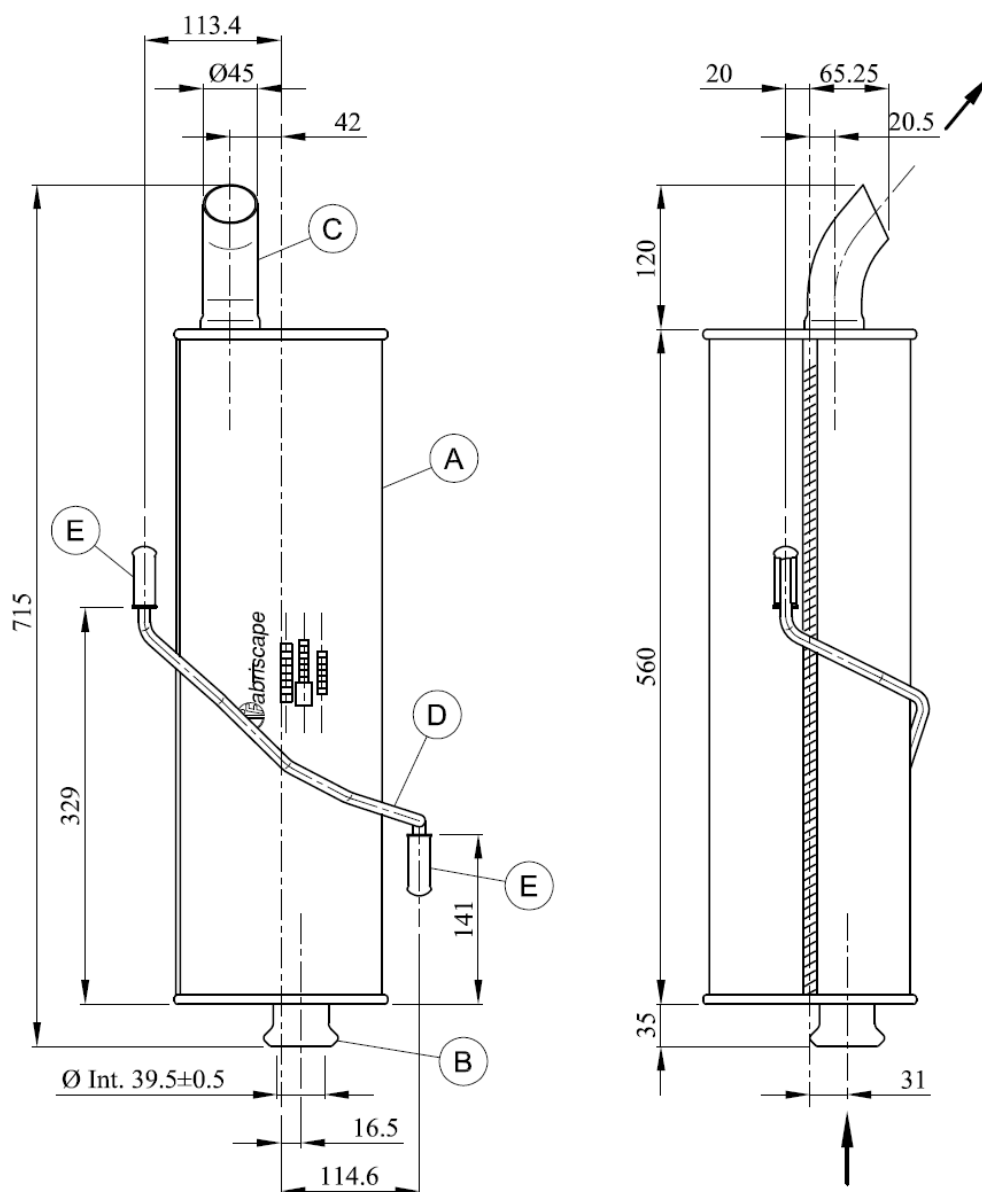
Nota 4: - Código de série, Letra 8, Alto relevo

Proj.			Matéria Prima: Conjunto		
Des:	06/10/04	José Vieira	A - CC0440	C - TS01004803	
Verif.			B - TE04005003	D - SV1651001	
Escala: 1:10			Designação:		Desenho nº: DE-FD22449
Tolerância: NP 265 Média			Dispositivo Completo		Data: 06/10/04
			FD22449		Edição: 3

Anexo 2

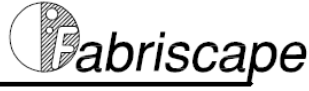


Anexo 3

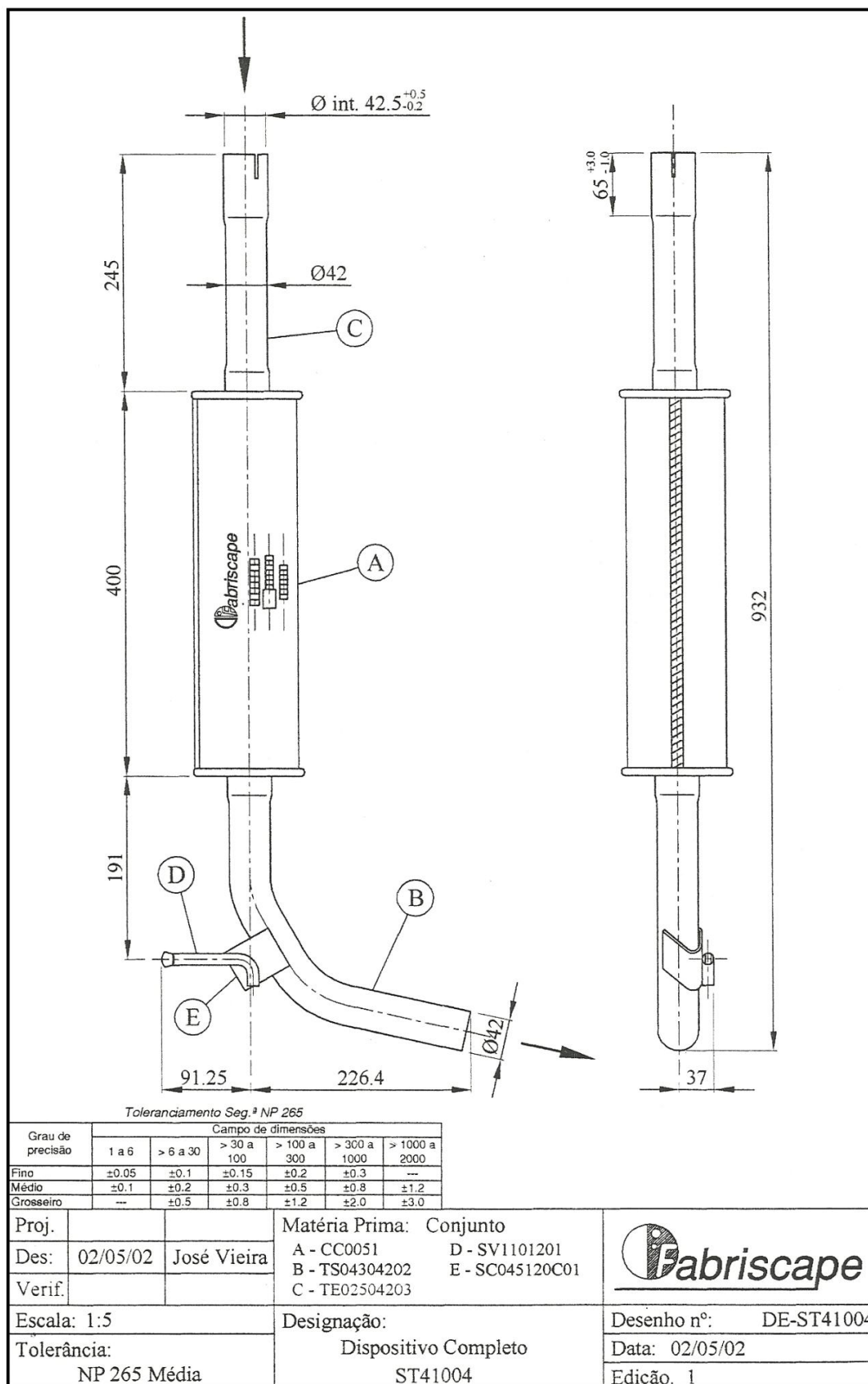


Toleranciamento Seg.ª NP 265

Grau de precisão	Campo de dimensões					
	1 a 6	> 6 a 30	> 30 a 100	> 100 a 300	> 300 a 1000	> 1000 a 2000
Fino	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	—
Médio	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2
Grosso	—	±0.5	±0.8	±1.2	±2.0	±3.0

Proj.		Matéria Prima:		
Des:	05/08/23 José Vieira	A - CC0517	D - SV5751002	
Verif.		B - 00755001	E - 070040A01 (x2)	
		C - 02004506		
Escala: 1:5		Designação:	Desenho nº: DE-PG35409	
Tolerância:		Dispositivo Escape Completo	Data: 05/08/23	
NP 265 Média		PG35409	Edição: 1	

Anexo 4



Anexo 5

Neste anexo será incluído um CD que no seu interior conterà filmes que mostram a máquina de soldar em funcionamento.

Com estes filmes pretende-se clarificar o funcionamento da máquina.

Estes filmes podem ser reproduzidos em diversos softwares, tais como:

- Windows Media Player;
- RealPlayer;
- BSplayer;

Entre outros.

Todos estes softwares encontram-se em versão freeware na internet.

